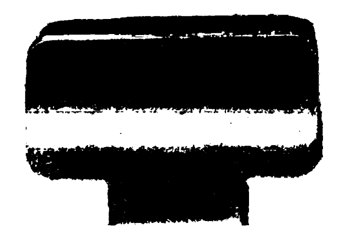
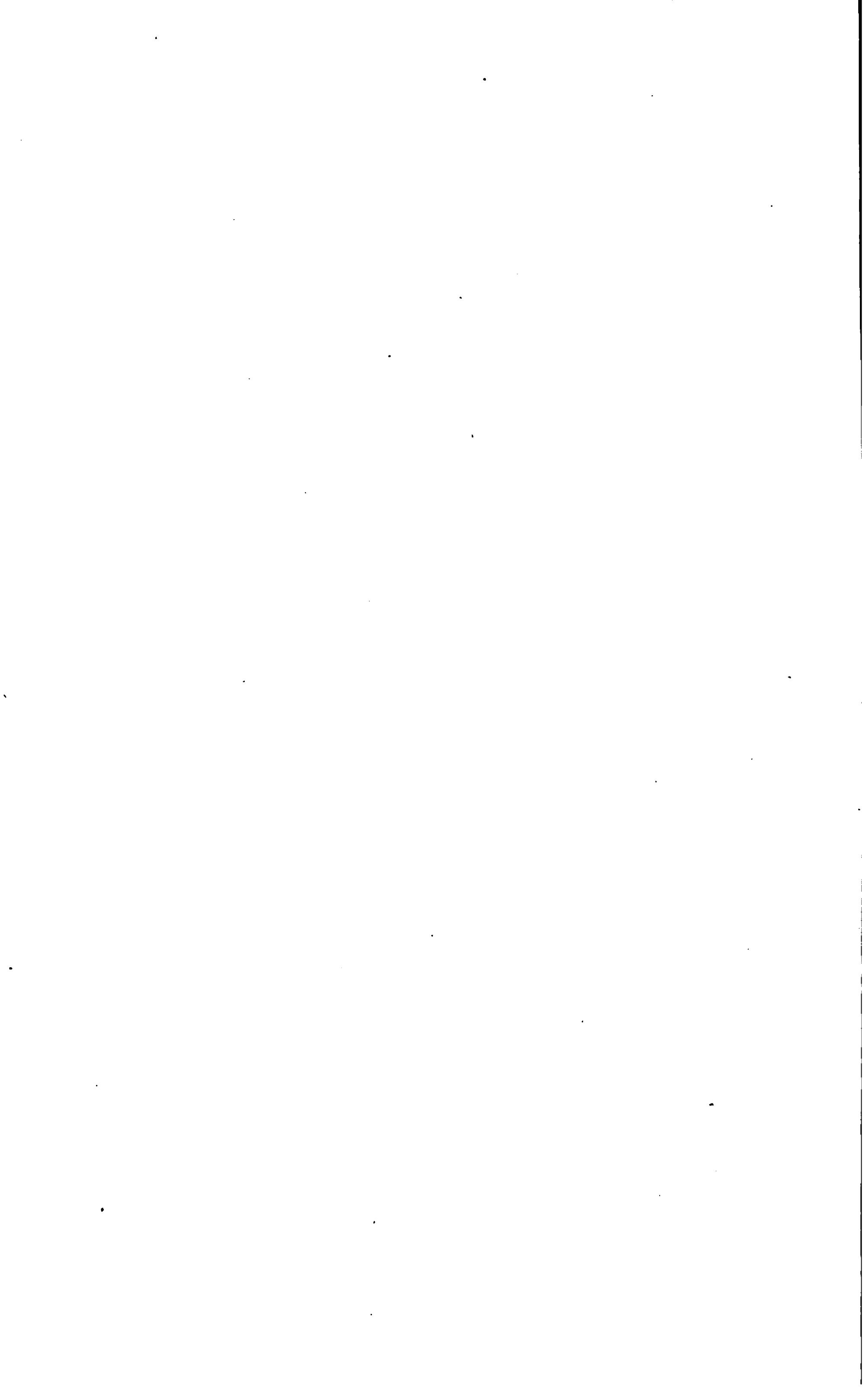



QE
522
S3
UC-NRLF
$B 50 978
YC 40200









Ueber das Wesen und die geographische Verbreitung der Maare.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

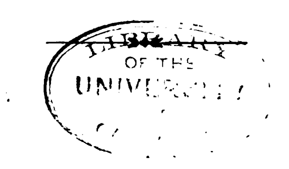
Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt von

KARL SCHMELZLE

aus Buch.

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Juli 1902.



STRASSBURG i. E.

Buchdruckerei W. Friedrich

1902.

Meinem lieben Bruder Hans gewidmet.

Betrachten wir die vulkanischen Erscheinungen auf der Erde, so begegnen wir zwei Hauptstadien der vulkanischen Thätigkeit. In zahlreichen Fällen quoll der Schmelzbrei über und baute im Laufe der Zeit auf der Erdoberfläche mehr oder weniger hohe Kegelberge auf. Kam dann die vulkanische Thätigkeit zur Ruhe, so erstarrte der Schmelzfluß, und es füllte sich der Ausbruchskanal mit festem, vulkanischem Eruptivgestein. In anderen Fällen erreichte der geschmolzene Schmelzbrei die Erdoberfläche nicht, er erstarrte in Spalten und unterirdischen Hohlräumen. Verhältnismäßig selten sind jedoch die Fälle, in denen es bei jenem Zustande blieb, mit dem wir uns näher befassen wollen. Gerade die Seltenheit dieses Vorkommens macht die Untersuchung umso interessanter, und die Bedeutung einer derartigen Untersuchung spricht auch Vogelsang [1]) aus, wenn er sagt:

> . . . . „Gleichwie alle Erkenntnis des Fortpflanzungsprocesses unmöglich erscheint ohne die Beobachtung der Frucht im Mutterleibe in ihren verschiedenen Stadien der Entwickelung, so sind es auch diese Keime von Vulkanen, welche uns allein darüber Auskunft geben können, wie die Reaktion von innen nach außen in's Leben trat; hier an den kleinen, unscheinbaren Effekten müssen wir die Natur belauschen und die Wege und die Wirkungsart der wunderbaren Kräfte zu ergründen suchen, welche nach einer furchtbar großartigen Entfaltung und Vollendung mehr in ihrer Macht bewundert und gefürchtet, als in Wesen und Anfängen erforscht sein wollen".

Diese „Keime",[2]) diese „kleinen, unscheinbaren Effekte" wollen wir nun, soweit es die uns zu Gebote stehende Litteratur gestattet, näher in's Auge fassen.

Das Wort Maar hängt wohl zusammen mit mare [3]) (das Meer). Bei dieser Benennung unserer vulkanischen Bildungen

---

[1]) Vogelsang H.: Die Vulkane der Eifel in ihrer Bildungsweise erläutert; p. 13.

[2]) Ob wir es in den Maaren wirklich mit vulk. „Keimen' zu thun haben, werden wir später sehen.

[3]) Günther S: Geophysik Bd. I. S. 372.

dürfte der Umstand maßgebend gewesen sein, daß die Vertiefungen, die Becken, manchmal mit Wasser gefüllt sind, was aber der Maarbegriff keineswegs erfordert. Branco [1]) hat durch seine eingehende Untersuchung des Uracher Gebietes dargethan, daß nicht das mit Wasser gefüllte Becken, sondern der in die Tiefe hinabsetzende mit Tuffbreccien erfüllte Kanal der wesentlichste Bestandteil eines Maares ist. Das Hauptmoment bei der Maarbildung beruht darin, daß es nicht zum Ueberfließen vulkanischer Massen, nicht zum Aufbau vulkanischer Kegelberge kam, sondern nur zur Bildung eines Kanales und zum Auswurfe loser Aschen und Lapillen.

Nach der jetzt herrschenden Ansicht wurden die in die Tiefe hinabsetzenden Kanäle durch vulkanische Gase und Dämpfe ausgeblasen. Gebildet können solche Kanäle werden durch vulkanische und pseudovulkanische Gase. Erst Branco hat uns durch seine genaue Untersuchung des Uracher Gebietes Aufschluß verschafft über die Beschaffenheit des Ausweges dieser Gase. Es war unbekannt, ob das ein rundlicher Kanal oder eine Spalte sei, ob dieser Ausweg von einer Füllmasse eingenommen werde oder ob der Weg der Gase lediglich durch durchbrochenes Gestein gekennzeichnet werde, das in seiner Lage geblieben war. In dieses Dunkel brachten Brancos Forschungen erst Licht. Sie haben uns gezeigt, daß wir es in den Ausbruchskanälen der vulkanischen Gase keineswegs mit Spalten zu thun haben, daß sich die Gase einen Weg durch Gestein von mindestens 6—800 m Mächtigkeit selbständig gebahnt haben, mag ihnen in größeren Tiefen vielleicht tektonisch vorgearbeitet gewesen sein. Wir werden uns später noch mit dieser Frage eingehender zu beschäftigen haben; hier sei nur noch bemerkt, daß die Juraplatte um Urach wie ein Sieb durchlöchert, nicht aber von Spalten, Brüchen und Verwerfungen durchzogen ist.

Abgesehen von zwei Ausnahmen, dem Maartuffgang des Jusiberges und dem des Metzinger Weinberges besitzen sämtliche Kanäle im Gebiete von Urach einen rundlichen oder ovalen Querschnitt. Der Querschnitt des ersteren ist dreieckig, der des letzteren nicht rundlich, sondern mehr in die Länge

---

[1]) Branco: Schwabens 125 Vulkan-Embryonen und deren tufferfüllte Ausbruchsröhren; das größte Maargebiet der Erde. Württembg. naturwiss. Jahreshefte; 50. 1894—95.

gestreckt. Deffner [1]) sagt in Bezug auf den Querschnitt des Jusiberges: „Ganz deutlich erkennt man in diesem Grundriß des Jusiberges die einfachste Form, in welcher eine Fläche von einem von unten wirkenden Stoße gesprengt wird". Branco bemerkt dazu: „Diese Vorstellung erinnert an die Lehre von den Erhebungskratern, welche annahm, daß an dem Orte eines Vulkanausbruches zunächst eine blasenförmige Auftreibung der Erdrinde erfolge, veranlaßt durch die einen Ausweg suchenden vulkanischen Massen. So stellt sich wohl auch Deffner vor, daß beim Jusi durch einen Stoß die Erdrinde hochgehoben nnd dabei nach drei von diesem Punkte ausstrahlenden Richtungen zerplatzt sei". Die Erhebungstheorie für unseren Fall in Anspruch nehmen zu wollen, wäre falsch. Wir erwähnten bereits, daß der Maarbildung in großen Tiefen durch feine tektonische Spalten vorgearbeitet sein mag. Nehmen wir nun an, es kreuzten sich zwei solche Spalten, eine westöstliche und eine nordsüdliche in Form eines lateinischen T. Die vulkanischen Gase wählten nun die nordsüdliche Spalte zum Auswege, erweiterten diese und bahnten sich den Rest des Weges nach Norden selbständig, bliesen sich einen Kanal aus. Natürlich füllten sich bei diesem Vorgange auch die entstandenen dreieckigen Ausbuchtungen, der zerstäubte Schmelzfluß wurde mit großer Vehemenz auch in diese geblasen. Wir brauchen aber unserer Ansicht nach uicht einmal eine solche Kreuzung zweier Spalten anzunehmen. Wir werden später sehen, daß wir den Sitz der vulkanischen Dämpfe und Gase in nicht allzu großen Tiefen zu suchen haben, in Tiefen, von denen aus sich die Gase und Dämpfe ohne tektonische Vorarbeit den Ausweg an die Oberfläche bahnen können. Schneidet der Ausweg eine Schichtfuge, so wird der Schmelzfluß auch in diese geblasen.

Ueber die allmähliche Erweiterung der Kanäle nach oben verschafften erst die Albmaare Aufschluß. Bis dahin war die Ansicht verbreitet, die Kanäle erweiterten sich plötzlich, trompetenförmig. Die Albmaare belehrten uns nun, daß der Durchmesser der Kanäle sich in der Hauptsache ziemlich gleich bleibt, namentlich in größeren Tiefen fast keine Differenzen mehr aufweist; in der Hauptsache sagten wir, denn eine Erweiterung des Kanales tritt ja ein, aber eine allmähliche

[1]] Branco: I. Teil. p. 792.

Erweiterung, ohne daß man es so recht merkt, eine Erweiterung, die sich auf einige hundert Meter verteilt. Wir können die Kanäle vergleichen mit umgekehrten Fabrikschornsteinen, die sich ja nach oben verjüngen. Diese allmähliche Erweiterung der Kanäle nach oben hängt jedenfalls zusammen mit dem verschiedenen Widerstande, den die Dämpfe und Gase gefunden haben. In größeren Tiefen ist derselbe natürlich auch größer, nimmt aber nach der Höhe zu ab und somit können sich die Dämpfe und Gase in größeren Massen bewegen; der obere Ausweg wird umfangreicher. Von der Widerstandsfähigkeit der zu durchbohrenden Gesteinsschichten und =Arten hängt dann die obere Gestalt des Kanales — ob Kessel oder Trichter — ab. Je nach Umständen kann auch der Fall eintreten, daß sich der Kanal noch oben gar nicht erweitert. (S. p. .2). Im Gebiete von Urach herrscht die Kesselform vor.

Die Kanäle sind mit Tuffbreccien erfüllt und zwar ist diese Füllmasse nicht etwa von oben durch Wasser, Eis, Luft, sondern von unten durch einen Ausbruch an Ort und Stelle in die Röhren gelangt. Den Beweis für die Ausbrüche an Ort und Stelle liefern die auf den Tuffgängen aufsetzenden Basaltgänge. Bis in eine Tiefe von 5—800 m können wir die Füllmasse — Tuffbreccie, nur ausnahmsweise Basalt — verfolgen.

Die bei den Albmaaren vorherrschende Kesselform ist eine Folge der allmählichen Erweiterung der Kanäle; vollzieht sich dieselbe rascher, so führt sie zur Trichterform, die wir namentlich bei den Maaren der Eifel und Auvergne vorfinden. Die letzteren tragen noch viel mehr den Charakter von typischen Maaren an sich als die im Gebiete von Urach, weil sie geologisch jünger sind. Im Gebiete von Urach sind durch die Erosion im Laufe der Zeit die typischen Merkmale verwischt, die Kessel vernichtet worden. Die Erosion hat den Albmaaren den unschätzbaren Vorteil des Aufschlusses der in die Tiefe hinabsetzenden Kanäle gebracht. Ihr verdanken wir, was wir bezüglich des Ausweges der vulkanischen Gase, bezüglich der Füllmasse wissen. An den Albmaaren können wir sämtliche Erosionsstadien verfolgen, vom fast völlig erhaltenen bis zum gänzlich abrasierten Maarkessel, bis zu dem seitlich angeschnittenen Maarkanal, bis zu der aus einer Tiefe von 500 m herausgeschälten Tufffüllung.

Die Höhe des Maarrandes ist erniedrigt durch Abtragung, so daß die Maare weniger tief erscheinen; bisweilen ist der Rand an einer oder zwei Stellen durchsägt von einem Wasserrisse, manchmal auch bereits ganz abgetragen, so daß keine Vertiefung mehr vorhanden ist. An den Albmaaren ist ferner der jedenfalls früher auch vorhanden gewesene Kranz von Auswurfmassen bereits ganz fortgewaschen, und zwar zum großen Teil in die Tiefe des Maares hinabgespült, wie er ja auch bei gewissen Eifel-Maaren fehlt. Auch von den inneren Abhängen der Trichter ist der sie einst bedeckende Tuff meist längst in die Tiefe hinabgespült, wie das auch in der Eifel schon an manchen Stellen begonnen hat.

Auch die Eifel-Maare sind nicht alle typisch erhalten, wie wir eben bemerkten. Von den 27 der Vordereifel sind nur 6 noch rings geschlossen, 11 haben ein Abflußthal, bei 5 andern besteht ein Abfluß- und Zuflußthal, bei weiteren 5 ist die Umwallung nur noch teilweise erhalten.

Die Leistungsfähigkeit der Erosion verdeutlicht uns der Maartuffgang von Scharnhausen. Hier wurde seit mittelmiocäner Zeit eine Schicht von 500 m Mächtigkeit abgetragen, und mit ihr eine annähernd gleiche des Tuffganges selbst. Die letztere muß natürlich etwas geringer gewesen sein, da ja in die oberen Albschichten noch der Maarkessel eingesprengt war, in dem der Tuffgang mündete, der aber selbst nicht mit Tuff gefüllt war. Die fortgewaschenen Schichten bestanden aus Knollenmergel und Bonebedsandstein etwa 20 m, Lias 70 m, aus Braunjura etwa 280 m und aus Weißjura α und β etwa 130 m.

Obwohl sich hier keine Spur mehr findet von einem Maarkessel, haben wir doch ein Maar vor uns. Mit dem Verschwinden des Maarkessels hört das Maar keineswegs auf. Der Trichter oder Kessel ist ja nur etwas Aeußerliches, das Wesentliche besteht darin, daß die vulkanische Thätigkeit kaum erwacht auch schon wieder zur Ruhe kam, nur ein Eintagsleben fristete, daß es nicht zum Aufbau vulkanischer Kegelberge kam. Ein gut erhaltener Trichter kommt meist nur geologisch jüngeren Maaren zu, und auch bei diesen ist ein Trichter keineswegs ein notwendiges Erfordernis, wie uns Vorgänge aus neuerer Zeit lehrten. Am 6. August 1882

bildete sich auf dem Shirane auf Japan ein Maar [1]). Naumann erzählt uns davon, daß es völlig senkrechte Wände besitze, daß es also nicht zur Bildung eines Kessels oder Trichters kam. Das Trichterförmige des eingesprengten Loches kann ganz verschieden ausgebildet sein. Im einen Fall stehen die Wände mehr schräg, im andern steiler, in einem dritten völlig senkrecht, so daß wir einen Trichter ganz vermissen, wie uns die von Naumann fast in statu nascendi beobachteten Explosionskrater auf Japan — Bandai und Shirane — zeigten.

Ist der Explosionskrater infolge von Erosion verschwunden, so müssen und können uns andere Umstände das Dasein eines ehemaligen Maares verraten. So können uns namentlich im Süßwasser gebildete Gesteinsschichten, die sich ehedem auf dem Grunde des Maarkessels abgelagert haben, auf die richtige Spur führen. Beim Maar von Sirchingen z. B. ist von einer Kesselbildung gar nichts mehr zu merken. Aber die über dem Tuffe erbohrten Süßwasserschichten aus der Tertiärzeit beweisen, daß hier einst ein Süßwasserbecken, also ein Maarkessel vorhanden war; denn ohne die Vertiefung hätte sich ja das Wasser nicht zum See ansammeln können. Es könnte sich wohl der Gedanke aufdrängen, daß derartige Erscheinungen, wie wir sie hier bei Sirchingen vor uns haben, doch nicht mehr den Namen „Maar" verdienen. Doch wo soll hier auf der Hochfläche der Alb die Grenze gezogen werden, wo sich alle Uebergänge finden, vom typisch erhaltenen Maarkessel bis zum völlig verschwundenen? Man kann nicht dem einen Teil die Bezeichnung „Maar" lassen, dem andern verweigern. Daher benennt Branco alle diese Vorkommen auf der Hochfläche der Alb mit dem Namen „Maar", „gleichviel ob nun ihr Kessel noch typisch, frisch erhalten, ob er zerfressen oder ganz abrasiert ist". Die Benennung „Maare" erhielten unsere vulkanischen Erscheinungen eben, wie gesagt, infolge der Unkenntnis ihres inneren Wesens. An dieses letztere denken wir doch zunächst und das ist bei allen das gleiche, ob nun der Kessel noch vorhanden ist oder nicht. Erscheinungen gleichen Wesens verdienen auch den gleichen Namen. Diejenigen Vorkommen dagegen, bei

---

[1]) Naumann Ed.: Neue Beiträge zur Geologie und Geographie Japans. Petermanns Mittlg.; Ergänzungsheft No. 108; 1893 p. 6.

denen bereits der in die Tiefe hinabsetzende Kanal aufgeschlossen und die Füllmasse in der verschiedensten Weise angeschnitten ist, bezeichnet Branco als Maartuffgänge. Außer den abgelagerten Süßwasserschichten gestatten uns noch andere Umstände einen Schluß auf das Vorhandensein eines Maares. Wir gewahren nämlich auf der wasserarmen Alb an den Tuffstellen eine auffallend reiche Wasserführung. So ist bei dem Tuffmaar von Feldstetten nichts Deutliches mehr zu erkennen. Auch anstehender Tuff ist nirgends zu finden. Daß aber solcher vorhanden ist, beweist der Umstand, daß Quellbrunnen mitten im wasserarmen Weißjura δ mit Erfolg angelegt werden konnten. Auch bei Zainingen ist von Tuff nichts zu sehen, und doch muß Tuff in der Tiefe vorhandeu sein, denn hier liefern Quellbrunnen im Weißjura ε in 26—28 Fuß Tiefe reichlich Wasser.

An typischen Maaren, mit wohlerhaltenen Kesseln, ist die Alb sehr arm. Doch eine Perle trägt sie, nämlich das Randecker Maar, das uns reichlichen Aufschluß gewährt. Dieses Maar bildet am Steilabhange, wo die Maarkessel meist zerstört sind, eine ungemein lehrreiche Ausnahme. Es sieht noch jugendlich typisch aus und ist ausgezeichnet durch besondere Tiefe des Kessels, 60—80 m. Der Kessel wird entwässert durch das Thal des Zipfelbaches. Hier können wir auch die kennzeichnende Ueberlagerung der Füllmasse durch Süßwasserschichten beobachten, die zu tertiärer Zeit im Kessel abgesetzt wurden. Diese Wasseransammlungen in den Kesseln und Trichtern konnten natürlich erst vor sich gehen nach der Cementierung des Tuffes, weil vorher das Wasser in die Tiefe sickerte.

Ein noch typischeres Aussehen als das Maar von Randeck hat das Tuff-Maar mit dem Hofbrunnen östlich von Seeburg. Es besitzt nämlich eine nach unten spitz zulaufende trichterförmige Gestalt, die aber dem Maare nicht ursprünglich zukam, sondern eine Folge der Erosion ist. Daß diese Behauptung richtig ist, zeigt der Umstand, daß der Basalt bis fast an die jetzige Oberfläche hinauf reicht Der dünne Tuffbeleg über dem Basalt kann doch nur der Ueberrest einer mächtigeren Tuffsäule sein, die ehedem den ganzen jetzigen Erosionstrichter einnahm und auf welcher der Basaltgang aufsetzte. Dieser Erosionstrichter macht den Eindruck eines typischen Maartrichters, ist jedoch ein falsches Maar.

Auch der Maarkessel des 4. Tuffganges der Guttenberger Steige ist nicht mehr der ursprüngliche, sondern ein scheinbarer. Der ursprüngliche Maarkessel wurde durch Erosion abgetragen, und der Tuff wurde trichterförmig ausgehöhlt.

Ueber die Füllmasse der Kanäle war man bisher völlig im Unklaren. Erst Branco hat durch seine Untersuchungen im Gebiete von Urach dieses Dunkel gelichtet. Er hat gezeigt, daß die Kanäle nicht von festem Eruptivgestein, sondern von lockerer Asche und von Tuffen ausgefüllt sind. Solche tufferfüllte Röhren in Verbindung mit Maaren waren bis dahin noch nicht bekannt. Wohl wurden in Schottland auch derartige tufferfüllte Röhren häufiger angetroffen, aber den Schluß, daß sie vielleicht mit einstigen, uralten Maaren in Verbindung stehen, ermöglichten erst die Untersuchungen der vulkanischen Gruppe von Urach. Hier können wir die Füllmasse verfolgen bis in eine Tiefe von 5—800 m. In weitaus den meisten Fällen, an 120 Orten finden sich Tuffe in den Röhren, nur an 12 oder 13 Orten zugleich mit Tuff auch Basalt und an anderen 6 oder 7 Orten Basalt allein für sich.

Je nachdem die Füllmasse aus Tuff oder Basalt besteht, der Maarkessel noch erhalten oder bereits verschwunden ist, und je nachdem der in die Tiefe hinabsetzende Kanal mehr oder weniger aufgeschlossen ist, unterscheidet Branco Tuff-Maare, Basalt-Maare, Maar-Tuffgänge u. Maar-Basaltgänge.

Tuff-Maare nennt Branco solche Maare, deren Ausbruchskanal bis in ansehnliche Tiefen hinab mit Tuffbreccie, einem wirren Gemenge von vulkanischer Asche und eckigen Bruchstücken der durchbrochenen Gebirgsschichten erfüllt ist.

Basalt-Maare sind Maare, deren Ausbruchskanal bis oben mit Basalt erfüllt ist, so daß der Tuff ganz fehlt.

Maar-Tuffgänge sind tufferfüllte Ausbruchskanäle rundlichen oder ovalen Querschnittes einstiger Maare. Der Maarkessel und meist auch der obere Teil der Tuff-Säule ist bereits verschwunden.

Maar-Basaltgänge endlich sind mit Basalt erfüllte Ausbruchskanäle rundlichen oder ovalen Querschnittes. Auch hier ist der Maarkessel und der obere Teil des Ganges bereits abgetragen. Es gibt auch Basaltgänge welche auf Tuffgänge

aufsetzen. Bei diesen letztern ist eben der Ausbruchskanal neben Basalt auch mit Tuff erfüllt.

Je größer die Tiefen desto mehr wird der Basalt vorherschen; schließlich wird jeder Maartuffgang in einen Maar-Basaltgang übergehen. Der Basalt ist der Urheber der Ausbrüche, aber wohl nicht so gar tief zu suchen, als Branco meint, wie uns ein späterer Abschnitt zeigen wird. Wir können in der Gruppe von Urach die Tuffsäule verfolgen durch den Weiß-Jura, Braun-Jura, schwarzen Jura bis hinab auf den Keuper.

Der Basalt übt auf den ihn umgebenden Tuff auch seine Contaktwirkung aus. Wir sehen dies besonders gut an dem Maartuffgang des Hohenbohl. Der dem Basalt nächst gelegene Tuff ist schieferig geworden und hat eine dunkelgrüne Färbung angenommen, während er sonst gelb ist. Die Schieferung verläuft parallel dem Gange und zeigt auf eine Mächtigkeit von etwa 3 m eine bröckelige Beschaffenheit, weiter in den Tuff hinein wird sie fester. Der Tuff geht dann allmählich über in festen, gelben Tuff und dieser allmählich wieder in weichen gelben. Auch beim Maar-Tuffgang des Götzenbrühl zeigt sich die Contaktwirkung des Basaltes in der Härtung und Dunkelfärbung des nächstgelegenen Tuffes.

Das Merkwürdige der vulkanischen Gruppe von Urach liegt in den Lagerungsverhältnissen der Tuffe Tuffe finden sich ja auch an den andern vulkanischen Punkten des Jura, müssen sich überhaupt an allen vulkanischen Orten finden, da sie die vulkanischen Eruptionen eröffnen auch bei den echten Vulkanen; aber daß die Tuffe in Röhren rundlichen oder ovalen Querschnittes eingelagert sind, daß sie in diese Röhren, die mit Maaren in Verbindung stehen, von unten gelangten, das lehrt die Gruppe von Urach und darin ist ihre hohe Bedeutung zu suchen. Die große Anzahl der Vorkommen berechtigt uns zu dem Schlusse, daß alle Maare, wo immer sie auftreten, ebenso beschaffen seien, daß alle Kanäle rundlichen oder ovalen Querschnittes besitzen, die mit Tuff oder Basalt gefüllt sind, daß bei allen die Füllmasse eingelagert ist.

Wieder ist es vorzüglich jene Perle der Alb, das Randecker Maar, das uns einen trefflichen Einblick in sein Inneres gestattet, uns über Füllmasse und Lagerungsverhältnisse Ge-

wißheit verschafft. Durch den Steilabfall angeschnitten liegt zweifellos ein Tuffgang vor. Da in diesem Tuffgang ein Basaltgang auftritt ist der unwiderlegliche Beweis erbracht, daß der Tuff durch einen Ausbruch an Ort und Stelle in den Kanal gelangte, nicht durch Verfrachtung etwa durch Wasser, Eis, Wind. Die Lagerungsfolge ist von oben nach unten folgende:

1. Quartäre Bildungen, teils Lehm, teils jüngere abgerutschte Massen.
2. Tertiäre Süßwasserschichten, und zwar Dysodil ungefähr 4 Fuß mächtig.
3. Geschichteter härterer Tuff von etwa $2^1/_2$ Fuß Dicke, in welchem dünne Lagen von thonigem Brauneisenstein liegen.
4. Geschichteter weicher Tuff von etwa 6 Fuß.
5. Massiger Tuff.
6. Basaltgang im Tuff.

Ueberall wo die Erosion bereits in hohem Grade thätig war, wo sie den oberen Teil der Tuffsäule abgetragen, fehlen die quartären Bildungen, die tertiären Süßwasserschichten wie auch die geschichteten Tuffe. Wo wir den im Wasser geschichteten Tuff noch antreffen, haben wir bereits den oberen Teil der Tuffsäule erreicht, sind wir dem einstigen Maarkessel nahe. Das Randecker Maar zeigt sodann in schlagender Weise, daß bei einem Maar ein in die Tiefe hinabsetzender Kanal vorhanden, daß dieser Kanal mit Tuffbreccien erfüllt ist, daß in der Tiefe endlich Basalt erscheint, der immer mehr zunimmt, bis schließlich der Tuff ganz verschwindet und sich nur noch Basalt findet.

Der Tuff der Maare ist stets Trockentuff. Nie ist er in Gestalt von Schlammströmen geflossen, wie es im Puy en Velay der Fall war, wo sich gleichfalls zahlreiche, senkrechte, mit Tuffbreccie erfüllte Röhren finden, und darin beruht der Hauptunterschied zwischen diesen französischen Vorkommen und der Gruppe von Urach.

Manchmal finden sich in tiefen Lagen und im Innern der Tuffsäule große Weißjurablöcke. Es mögen diese Blöcke wohl während des Ausbruches abgerutscht und dann, ohne dem Ausbruche zum Spielballe zu dienen, unzerkleinert liegen geblieben sein. Solche riesigen Blöcke liegen beim Maar-Tuffgang des Götzenbrühl inmitten des Tuffes. Sie reichen bis

zur δ Stufe, fraglich ist ε; zum Teil sind sie verändert: dunkelgrau, gehärtet, splitterig geworden infolge der Contaktwirkung der Füllmasse.

Auch Stücke älteren Tuffes in jüngerem Tuffe kommen vor, sowohl im Maartuffgang des Götzenbrühl als auch in den beiden Tuff-Maaren bei der Diepoldsburg und dem Engelhof. Es läßt sich das wohl so erklären, daß der Kanal anfänglich nur von bereits erhärtetem grünen Tuffe erfüllt wurde. Da erfolgte aufs neue ein Ausbruch, riß Stücke des älteren, grünen Tuffes mit, die sich mit dem jüngeren Tuffe nun subaerisch ablagerten.

Lagerungsstörungen fehlen, abgesehen von dem 4. Tuffgang der Guttenberger Steige im Gebiete von Urach durchwegs. Hier, bei diesem Tuffgang, fallen die um den Kanal gelagerten Schichten unter einem Winkel von 10—35° ein. Wir werden darauf später zurückkommen. Auch in den anderen Maargebieten gewahren wir keinerlei Störungen der Lagerungsverhältnisse. Vogelsang[1]) betont ausdrücklich, daß sich die Devonschichten der Eifel alle in ursprünglicher Lage befinden, daß keine Hebung oder Biegung stattgefunden, daß Verschiedenheit der Fallrichtung nicht mit den Maaren in ursächlichem Zusammenhange steht, sondern ihren Grund in der ungleichförmigen Lagerung des Schiefergebirges hat.

Wir sprachen bereits zu Anfang davon, daß es bei der Maarbildung nur zum Auswerfen loser vulkanischer Aschen und Lapillen kam. Mit diesen vulkanischen Aschen und Sanden wurden auch Stücke der durchbrochenen Gesteinsschichten mit ausgeworfen. Wo die Aschen und Sande genügend mit Wasser gesättigt wurden, entstanden Tuffschichten, was z. B. in der Eifel des dichten Untergrundes wegen leicht war. Sofort unter Wasser, in Seen, wie im Pelay[2]) haben sich in der Eifel die Tuffe nie abgesetzt, aber aus dem angeführten Grunde konnten die Tuffe in der Eifel lange Zeit mit atmosphärischem Wasser getränkt werden. Was die Neigung der Schichten betrifft, so gilt im allgemeinen der Satz, daß sie ihrem Liegenden conform gelagert sind, daß

[1]) Vogelsang H: Die Vulkane der Eifel in ihrer Bildungsweise erläutert. p. 43.

[2]) Mitscherlich; Ueber die vulkan. Erscheinungen der Eifel. Phys. Abhdlg. der Academie in Berlin 1865. p. 27.

also die Neigung der Schichten bestimmt wird durch die Neigung ihrer Unterlage. Sehr häufig geht die Neigung der Tuffschichten von der Mitte des Maares nach außen hin, wie dies im Allgemeinen dem Verhalten eines steilen Abhanges entspricht, an dem die Schichten ihr Ausgehendes zeigen und in denselben hineinfallen. Doch auch Ausnahmen von der Regel finden sich. Auf schwachgeneigten Schichten, wie sie in der Eifel Buntsandstein aufweist, kann durch Aufschüttung eine stärkere Neigung entstehen, auf dem ausgezackten Rande und im Innern des Kraters kann sich selbst entgegengesetztes Einfallen zeigen. Auch sattelförmige Schichten treffen wir, welche unter einem Winkel von weniger als 10° einfallen. Doch diese wie auch stärker geneigte Schichten, deren Neigungswinkel übrigens 30—40° selten erreicht, sind „als Resultat unmittelbarer Aufschüttung und nicht als einer nachträglich erfolgten Hebung und Aufrichtung der Schichten in Masse" aufzufassen. [1]) In der Nähe mancher Maare wie des Pulver- und Immerather-Maares sind die horizontalen Schichteu ungestört erhalten.

Die Tuffbreccien der Eifel ähneln denen im Gebiete von Urach, doch herrscht das Sedimentärgestein oft so sehr vor, daß der Tuff leicht verkannt werden kann. Die Menge der ausgeworfenen Schlacken und Aschen ist sehr verschieden. Während sie bei den einen Maaren so gering war, daß sie im Laufe der Zeit abgewaschen wurde, nimmt sie bei anderen weite Flächen ein.[2]) So findet sich am Holzmaar nach Steininger[3]) keine vulkanische Asche. Seiner Ansicht nach kann auch dessen vulkanische Entstehung nicht behauptet werden. Auch Rozet nennt uns am Südfuße des Puy de Coquille ein Maar, dem jeder Aschen- und Schlackenauswurf fehlt. Die ausgeworfenen Massen, besonders die in der Nähe von Daun und Rockeskyll zeigen häufig Kugelform. Sie haben diese Gestalt wohl durch nochmaliges oberflächliches Schmelzen und durch Aneinanderstoßen im weichen Zustand erhalten. Das Korn des vulkanischen Sandes, die Größe der Stücke

---

[1]) Dechen H. v: Geognost. Führer zur Vulkanreihe der Vorder-Eifel. Bonn 1861. p. 232.

[2]) Quantum der ausgeworfenen Massen und Umfang des periphérichen Herdes müssen proportional sein.

[3]) Steininger: Geognost. Beschreibung der Eifel. p. 124.

des durchbrochenen Gebirges wechseln ebenso sehr wie die ausgeworfene Menge. Bei dem Shiraneausbruch erreichten die größten Auswürflinge einen Durchmesser von 0,6 m und fielen in einer Entfernung von 2000 m nieder. Gewöhnlich wechseln Schichten von verschiedenem Korn vielfach mit einander, und die Mächtigkeit der einzelnen Schichten ist oft nur sehr gering. Die einzelnen Schichten keilen sich aus, lassen sich nicht auf größere Entfernungen verfolgen, selbst nicht an den ausgezeichnet schönen Aufschlüssen wie bei Uelmen, am Fellerberg u. s. w. [1])

Wollen wir uns über die Auswürflinge im Maargebiete von Urach näher informieren, so besuchen wir den Maar-Tuffgang am Bürzlenberge bei Eningen, der besonderen Reichtum an Answürflingen zeigt. Wir finden hier sehr häufig Hornblende und Magnesiaglimmer, seltener Augit und rundliche Stücke von Basalt, und hier und da auch Granit. Im Tuffe von Owen stoßen wir auf Kalkspatkrystalle, beim Maar-Tuffgang im Alten Reuter auf roten Keuperthon und fraglichen Sandstein. In den Sandschichten des Pulvermaares liegen außer zertrümmerten Stücken des Schiefers Kugeln aus schwarzer basaltischer Hornblende, aus glasigem Feldspat und bräunlich schwarzen Glimmerblättchen; in der Nähe des Holzmaares finden sich Augitkugeln, in den vulkanischen Sandschichten des Meerfelder-Maares neben Augit- auch Schlacken- und Olivinkugeln; diese letzteren, 25—30 Pfund schwer, treten besonders häufig auf um den Dreiser Weiher. Mitscherlich erwähnt auch (p. 26), daß sich in den Schichten häufig einzelne Massen von Schlacken und Laven vorfinden.

Wo Durchschnitte durch die Tuffe bis auf das Grundgebirge hinabreichen, sehen wir auch, daß die untern Schichten, bestehend aus vulkanischem Sand und Schlacken, frei sind von Beimengungen des durchbrochenen Gebirges. Diese treten erst in den höheren Schichten auf. Einschlägige Beobachtungen lassen sich gut anstellen bei Uelmen, Trankberg und am Fellerberg, ferner in der Nähe des Weinfelder-Maares.

Suchen wir nun die wichtige Frage zu beantworten: wie sind die Maare entstanden, wie haben sich die in die

[1]) Mitscherlich: Ueber die vulkan. Erscheinungen der Eifel. p. 26.



Tiefe hinabsetzenden Kanäle rundlichen oder ovalen Querschnittes gebildet. Wir müssen gleich zu Anfang bemerken, daß jetzt die Maare allgemein als durch explodierende Gase und Dämpfe entstanden aufgefaßt werden. v. Montlosier [1]) sprach diese Ansicht als der erste 1789 aus; er unterschied die Maare als cratères lacs von den echten Kratern (cratères secs). Der Umstand, daß die cratères lacs keine so starkem Feuer ausgesetzt gewesene Materien aufweisen, wie das bei den cratères secs der Fall ist, daß sie ferner keine Lavaströme geliefert, daß sie endlich einen größeren Umfang haben als jene, führte von Montlosier auf den Gedanken, daß die Vulkanität der cratères lacs gewissermaßen nur eine unvollkommene, nur eine explosion pulvérulente gewesen sein könne, veranlaßt durch Luft oder die in weiten unterirdischen Höhlungen verdichteten Wasserdämpfe.

Auch Stengel [2]) erkennt in der Thatsache, daß die vulkanischen Materien der Maare so geringe Hitzegrade verraten, ein unterscheidendes Merkmal gegenüber den eigentlichen Krateren. Er sagt: „Eigentliche Kratere wie die noch jetzt bestehenden sind sie (die kesselförmigen Vertiefungen) wohl nicht gewesen, sonst müßten sie die Spuren der Auswürfe allenthalben zeigen und das eigentliche Gestein überall damit bedeckt sein oder doch durch Hitze eine Alteration erlitten haben."

In einer Abhandlung des Oberstleutnants v. Strantz vom Jahre 1846 finden wir sodann die Explosionskratere den Erhebungskrateren entgegengesetzt. Er verglich die Maare mit den Bildungen, welche durch Explosion von Pulverminen entständen, wies darauf hin, wie bei letzteren ein Teil der hochgehobenen Masse wieder zurückfällt in die Oeffnung, der andere sich zu einem Walle um die Oeffnung anhäuft.

Entscheidend für die Auffassung der Maare als Explosionskratere war das Urtheil Al. v. Humboldts in seinem Kosmos (Bd. IV). [3]) Er vergleicht die Maare mit Minentrichtern;

---

[1]) Essai sur la théorie des volcans de l'Auvergne.

[2]) Nöggerath Jac: Das Gebirge in Rheinland u. Westfalen. Bonn 1822. Bd. I. p. 85. (Beschreibung des Mosenberges bei Manderscheid und des Meerfelder Sees, v. Stengel. S. 79 ff).

[3]) Al. v. Humboldt: Kosmos. Stuttgart und Augsburg 1858. p. 275 ff.

„es sind gleichsam Zeugen minenartiger Ausbrüche", und weiterhin sagt er (p. 279): „Die Maare erscheinen als Minentrichter, in welche nach der gewaltsamen Explosion von heißen Gas-Arten und Dämpfen die ausgestoßenen lockeren Massen (Lapilli) größtenteils zurückgefallen sind."

[1]) Karl Naumann bespricht in gleichem Sinne die Entstehungsweise der Maare in einer brieflichen Mitteilung an G. Leonhard; er sagt darüber: „Bei meinem vorjährigen Ausfluge in die Auvergne hatte ich auch Gelegenheit, einige Maare oder Explosionskratere zu sehen. Daß diese letztere von Montlosier gebrauchte Benennung die Bildungsweise der meisten Maare ganz richtig ausdrückt, scheint mir kaum bezweifelt werden zu können. Am Ende muß doch jeder Krater ursprünglich durch Explosion in seinem Untergrunde eröffnet worden sein, wenn auch später durch die fortgesetzte explosive Thätigkeit rings um den zuerst gebildeten Schlund ein mächtiger Wall oder über ihm ein kegelförmiger Berg von Schlacken, Lapilli und vulkanischem Sand aufgehäuft worden ist, durch welchen der anfänglich ausgesprengte Krater teilweise oder gänzlich verdeckt wurde. Es war ja nicht eine einzige Explosion wie die einer Pulvermine, sondern es war, wie Poulett Scrope dies so richtig hervorhebt, eine fortwährende Reihe von Explosionen, durch welche die Bildung des Kraterschlundes, des Schlackenwalles und endlich des mehr oder minder hoch aufragenden Schlackenberges bewirkt worden ist, auf dessen Gipfel nur noch eine kesselförmige Vertiefung, die aufwärts projicierte Stelle des unter ihr ausgesprengten Kraterschlundes erkennen läßt. Erreichte die Reihe der Explosionen sehr bald ihr Ende, so erblicken wir diesen im Untergrunde eröffneten Schlund, dessen steile Wände dasjenige Gestein erkennen lassen, welches durchgesprengt worden ist, während am oberen Rande desselben eine mehr oder weniger hohe wallartige Anhäufung von Schlacken, Lapilli und Lavasand untermengt mit Fragmenten des durchsprengten Gesteines zu sehen ist."

Diese Ansicht von der Entstehung der Maare durch minenartige Explosionen ist die herrschende geworden trotz

---

[1]) Neues Jahrb. f. Mineralogie, Geologie u. Paläontologie. Jahrg. 1869. p. 843 Naumann K: Ueber Maare und Explosionskratere der Auvergne. (Mitlg. an Prof. G. Leonhard).

der preisgekrönten Arbeit Vogelsangs[1]) vom Jahre 1864, die an deren Stelle eine andere zur Geltung bringen sollte.

Vogelsang bezeichnet es als einen Fehler, daß Montlosier die cratères lacs auf Grund des Mangels an Lavaströmen und des größeren Durchmessers von den eigentlichen Vulkanen, von den Eruptionskrateren unterscheidet. Nach ihm sind die Maare Kratere, allerdings nicht gleichwertig den Krateren hoch oben auf Vulkanbergen, eingesenkt in Laven- und Schlackenmassen, sondern gleichwertig dem ursprünglichen Krater des Vulkans. Demnach wäre unter jedem echten Vulkan ein Maar gelegen, es wäre das der erste, längst nicht mehr sichtbare, sondern von Laven bedeckte Krater, über dem sich im Laufe der Zeit ein Vulkankegel aufgebaut. Darin hat Vogelsang wohl recht, daß wir unter jedem Vulkan ein Maar hätten, wenn die vulkanische Thätigkeit gleich wieder aufgehört hätte. Wir werden sehen, warum das nicht der Fall ist und daß es mit diesen „Keimen" des vulkanischen Lebens eine eigene Bewandtnis hat. Daß die Unterscheidung Montlosiers zwischen den Maaren und eigentlichen Vulkanen nicht berechtigt wäre, vermögen wir nicht einzusehen. Wir werden später die Berechtigung dieser Unterscheidung erkennen und auch sehen, daß sie z. T. auf den von Montlosier angegebenen Gründen fußt.

Doch für uns handelt es sich hier zunächst um die Frage: Wie sind die Maare entstanden?

Um diese Frage zu beantworten, zeigt Vogelsang, wie sich die Wirkung einer Pulvermine durch eine Kugel ausdrücken läßt, deren Mittelpunkt in der Ladung liegt, während die Größe ihres Radius abhängig ist von der Explosionskraft und der Größe des Widerstandes, welchen das umgebende Gestein bildet. Infolge dieses Widerstandes nimmt die Intensität der Explosionskraft vom Mittelpunkt nach der Peripherie hin stark ab, und wir müssen drei verschiedene Fälle unterscheiden, je nachdem die Ladung in größere oder geringere Tiefe gelegt wird.

Ein Trichter wird nur ausgeworfen, wenn die Ladung verhältnismäßig nahe der Erdoberfläche gelegt wird.

---

[1]) Vogelsang Hermann: Die Vulkane der Eifel in ihrer Bildungsweise erläutert.
(Naturkundige Verhandelingen van de hollandsche Maatschapij der Wetenschappen te Harlem, II. Verz. 21. 22. Deel. 1864—65.)

Wird sie tiefer gelegt, so wird durch die Explosionskraft die Erdoberfläche nur noch gehoben, und sie reißt in radialen Spalten auf.

Legt man die Ladung noch tiefer, so findet nur eine Erderschütterung statt, und die Spaltenbildung unterbleibt.

Vogelsang legt dar (p. 64), daß sich bei Pulverminen eine regelmäßige Trichterbildung nur da findet, wo der Boden locker ist, so daß sich die Explosionskraft nach allen Seiten auf die gleiche Weise äußern kann. Wo die Trichter in Tuff eingesenkt sind, wäre nach Vogelsang die Bedingung für regelmäßige Trichterbildung gegeben, die radialen Spalten könnten durch Nachsinken der Massen verwischt sein. Wie aber steht es, wenn die Trichter eingesenkt sind in hartem Gestein, in festem unzerstörtem Granit, wie es z. B. in der Auvergne der Fall ist? Daß eine Explosion von einigen hunderttausend Zentnern Pulver 500 Fuß tief in feste Grauwacke gelegt eine regelmäßige Trichterform hervorrufen sollte, wäre gegen Theorie und Erfahrung. „Wenn wir nicht etwa an die Wirkung einer Flintenkugel denken“, sagt Vogelsang (p. 64), „wenn sie ein Loch durch ein Brett oder eine Fensterscheibe schlägt, so wüßte ich wirklich die Vorkommnisse mit einer Explosion nicht in vernünftige Verbindung zu bringen.“ Eine derartige Wirkung hält Vogelsang in festem Gestein wie Granit für unmöglich.

Demgegenüber möchten wir zunächst die interessanten Resultate[1]) anführen, welche die Versuche ergaben, die hinsichtlich der Eifeler Maare im Laboratorium angestellt wurden. Wir halten zwar diese Versuche nicht für stichhaltig, da ein continuirlicher Luftstrom angewandt wurde. Ein continuirliches Ausblasen fand bei den Maaren nicht statt, wie uns die scharf gegen einander abgegrenzten Schichten der ausgeworfenen Massen zeigen. Eine solche Abgrenzung konnte nur eintreten, wenn die Auswürfe in größeren Zwischenräumen, stoßweise erfolgten. Immerhin werden uns aber die von Behrens angestellten Versuche einen Schritt weiter führen bei Beantwortung unserer Frage.

a) continuirliches Ausblasen von Sand aus einer Oeffnung von etwa 1 cm gab normale Kraterkegel, deren Höhe

---

[1]) Neues Jahrb. f. Mineralogie, Geologie u. Paläontologie. 1893. Bd. I.
Behrens H.: Sur les cratères lacs de l'Eifel. p. 82.

und Steilheit durch zeitweiliges Befeuchten mittels eines Zerstäubers um mehr als das Doppelte vermehrt werden konnte, während sich gleichzeitig der Trichter verengerte.

b) In einer Sandschicht über einer Blasöffnung von 1 mm wird ein anfangs sehr enger Trichter ausgehöhlt, der sich in der oberen Hälfte erweitert. Ist Sand mit ein wenig Traß und Bimstein gemischt, so werden die leichteren Gemengteile an die Oberfläche getrieben, es entsteht ein weiterer Trichter mit flachem Boden unter zeitweiliger Unterhöhlung und Einsturz, dem gesteigerter Auswurf von gemengtem Material folgt. Zuletzt wird durch gewaltsames Ausblasen die Windöffnung blosgelegt.

c) Beimengung von Gesteinsbröckchen und Schilfern (Windöffnung 1,5 mm) bewirkt Hebung und Zerklüftung der Oberfläche und excentrische Auswürfe, ferner Bildung weiter Kessel mit flachem Boden und geringer Aufschüttung des Randes. Oefter hatte der Kessel den 150fachen Durchmesser der Windöffnung. Ein Zwischenstadium war die Bildung birnförmiger Aushöhlungen. Schaffen schon die von Behrens angestellten Versuche, die in neuerer Zeit weitergeführt wurden, manches Bemerkenswerte hinsichtlich der Entstehung der Maare zu Tage, so sprachen geradezu in überzeugender Weise für die Explosion von Gasen und Dämpfen bei der Maarbildung die Versuche Daubrée's. Er hat nachgewiesen,[1]) daß Gase unter dem Einflusse hohen Druckes durch die rasche Aufeinanderfolge ihrer Explosionen im stande sind, durch feste cylindrische Gesteine Kanäle zu bohren. Auf den inneren Wänden wurden deutliche Erosionsspuren in Gestalt von Furchen erzeugt. Als Angriffspunkte wählten die Gase immer feine Haarspalten, die sie dann zu Kanälen erweiterten und die den Eindruck machten, als wären sie mit einem Locheisen durchgestoßen. Fehlten die erwähnten Haarspalten oder feinen Sprünge, so setzten die Gase mit ihrer Wirkung da ein, wo das Gestein weniger dick war oder geringere Widerstandsfähigkeit zeigte. Auf solche Weise wurden Gesteinsstücke von Gyps, Kalk, Granit, Laven und eines Meteoriten durchbohrt oder mindestens, wie beim Leuchtophyr, Höhlungen

[1]) Daubrée: **Rech. exp. sur le rôle possible de gaz à hautes températures douées de très fortes pressions, et animéesd't un mouvement fort rapide dans divers phénomènes géolog.**
Bull. soc. géol. 1891.

in dieselben gebohrt. Noch eine weitere sehr wichtige Thatsache konnte bei den von Daubrée angestellten Versuchen wahrgenommen werden, nämlich die, daß durch den Anprall der comprimierten Gase Löcher in der Weise durch das Gestein gebohrt wurden, daß stets kleinste Teilchen fortgeschleudert wurden; ferner wurden die erodierten Flächen und fortgeblasenen Staubteilchen eingeschmolzen. So erklären sich die in dem fortgeführten Staube befindlichen Kügelchen, die zum Teil hohl sind und völlig denen gleichen, die im kosmischen Staube beobachtet wurden. In der Natur verwies Daubrée auf die Diatremata Süd-Afrikas (röhrenförmige, mit Tuffbreccien erfüllte Kanäle, welche die Karooformation durchsetzen), die wir später noch behandeln werden. Naumann,[1]) der uns die Entstehung eines Maares auf dem Shirane schildert, sagt: „Die Gesteinsmasse, welche vor der Eruption den Raum des Jugamaschlotes eingenommen hat, muß wie ein Champagnerpfropfen in die Luft getrieben worden sein, um in tausend und abertausend Splittern zu zerstieben.“ „Eine cylindrische Masse, aus Fels, Schutt, Schlamm und Sand bestehend, ca. 200 m im Durchmesser flog in die Luft.“ Die Versuche Daubrée's und der Bericht Naumanns widerlegen die Einwände Vogelsangs. Es sind Gase recht wohl imstande, auch feste Gesteine wie Granit zu durchbohren, und zwar in der Weise, daß wir den Eindruck haben, als wären sie mit einem Locheisen durchstoßen, was der Wirkung einer Flintenkugel, die durch ein Brett geschossen wird, sehr ähneln dürfte.

Betrachten wir auch noch die andern Gründe, die Vogelsang gegen die Ansicht, daß die Maare Explosionskratere seien, ins Feld führt und die ihn veranlaßten, diese Theorie zu verwerfen und die Senkungstheorie aufzustellen.

Zwillingsmaare, wie wir sie sowohl im Gebiete von Urach in den zwei Maartuffgängen des Aichelberges als auch in der Eifel im Schalkenmehrener und Weinfelder Maar antreffen, können nach Vogelsang nicht durch Explosion von Gasen und Dämpfen entstanden sein. Der schmale Rand zwischen den Maaren könnte nach seiner Ansicht bei einer derartigen Kraftäußerung unmöglich stehen bleiben, ob sich

---

[1]) Naumann, Ed.: Neue Beiträge zur Geologie u. Geographie Japans. Petermanns Mittlg. Ergänzungsheft Nr. 108; p. 6.

nun die Trichter gleichzeitig oder nach einander bildeten. Da aber Senkung ein keineswegs sanfterer Vorgang ist, so wäre auf diese Weise das Stehenbleiben des schmalen Randes erst recht nicht zu erklären. Wenn feststünde, daß die Lagerungsstörungen um den 4. Tuffgang an der Guttenberger Steige im Gebiete von Urach sich bereits vor Entstehung des Maares vollzogen hätten, so würde der Umstand, daß sich diese Störungen nicht bis zum Tuffgang erstrecken, sondern daß zwischen diesem und dem gestörten Gebiete eine Wand stehen blieb, deren Schichten ganz ihre ursprüngliche Lage zeigen, beweisen, daß das Maar nicht durch Senkung entstanden sein kann. Diese Folgerung ergibt sich auch notwendig daraus, daß sich die Schichten um den Kanal herum in ungestörter Lage befinden. Wie könnten bei einem Senkungsprozeß die Schichten unmittelbar um den Kanal herum so in ihrer ursprünglichen Lage bleiben? Welche Lagerungsstörungen gewahren wir z. B. am Rieskessel, der jetzt allgemein als Einbruchsbecken gilt! Nach allen Himmelsrichtungen schauen hier die Schichten.

Eine weitere Waffe gegen die Explosionstheorie liefern Vogelsang die randlosen Maare. „Eine Explosion, die einen mächtigen leeren Trichter bildet und doch keinen Trichterwall aufwirft“, sagt er (p. 64), „das wäre ein höchst eigentümliches Ereignis“. Nun führt Vogelsang selbst an, daß die Theoretiker behaupten, der größte Teil der Trümmer sei wieder zurückgefallen, und knüpft daran die Worte: „und doch ist ein Trichter geblieben!“ Thatsächlich fällt bei minenartigen Explosionen ein Teil der ausgeworfenen Massen wieder zurück, wie schon Oberstleutnant Frhr. von Strantz zeigte, ein anderer Teil zerstiebt, wie die Versuche Daubrée's dargethan haben und wie wir aus dem Berichte Naumanns entnehmen können. Die hochgeworfene Masse ist auch nicht immer dieselbe, im einen Fall größer, im andern geringer. Durch eine geringere Auswurfsmasse kann natürlich auch nur ein weniger hoher Rand aufgehäuft werden, und ein solch niedriger Rand kann im Laufe der Zeit sehr wohl durch Denudation entfernt worden sein. Freilich Denudation will Vogelsang für die Eifel-Maare in keiner Weise gelten lassen, da die vulkanische Thätigkeit in der Eifel einer relativ jungen Periode angehört, und namentlich deshalb nicht, weil sich in der Nähe der randlosen Maare solche mit wohlerhaltenem

Rande vorfinden. Aber die Denudation hat auch nicht überall die gleich günstigen Angriffspunkte. Tuff entsteht auch nur dann, wenn die vulkanische Asche hinlänglich mit Wasser gesättigt wird, andernfalls bleibt die lose Asche und der Sand liegen. Konnte die Denudation nicht an manchen Orten bereits vor Eintritt der Verfestigung einsetzen und sich so vorarbeiten? Man könnte einwenden, das Gleiche müßte auch bei den andern Maaren der Fall gewesen sein. Allerdings gehören die Maare der Eifel der gleichen Periode an; können sie aber deshalb nicht noch zeitlich von einander getrennt sein? Im einen Falle kann sodann die Sättigung mit Wasser und infolge dessen die Erhärtung früher eingetreten sein, so daß einer rascheren Denudation vorgebeugt wurde, die im andern Fall einen günstigen Angriffspunkt in der losen Asche und dem Sande hatte.

Nach Steininger[1]) scheinen die meisten Kratere der Eifel keine lang fortgesetzte Thätigkeit gehabt zu haben. Nach einigen Stößen sind sie wieder zur Ruhe gekommen, wie die gegeneinander abgegrenzten Aschenschichten zeigen; so zählt man am Meerfelder Maar nur vier solcher Schichten, an andern auch mehr, bei einigen aber, wie zu Gillenfeld, Daun, Dockweiler, Wahlsdorf, Gerolstein, Moosbrücken und Boos scheint nur ein einziger Auswurf stattgefunden zu haben. Fiel nun von der durch einen momentanen Stoß hochgehobenen Menge der größte Teil wieder zurück, wie wir dies auch bei Aschenauswürfen noch thätiger Vulkane sehen können, und wurde der andere, vielleicht bei starkem Winde in der Gegend ringsum zerstreut, so bildete sich ein Rand überhaupt nicht, und die Wirkung der Denudation braucht nicht allzu groß gewesen sein, um die geringen Spuren des vulkanischen Ausbruches verhältnismäßig rasch zu verwischen. Mitscherlich (p. 33) läßt die Frage, auf welche Weise die randlosen Maare entstanden, unbeantwortet. Er sagt: „Sind diese randlosen Maare in anderer Weise oder später als jene mit Eruptionswall entstanden? Oder besteht der Unterschied nur in der Mächtigkeit der schon vorhandenen Tuffschichten, durch welche bei den randlosen Maaren der Ausbruch stattfand?"

[1]) Steininger: Die erloschenen Vulkane der Eifel und am Niederrhein. Wiesbaden 1820. p. 133.

Die Forderung, daß sich die ausgeworfene Masse in vollem Umfange wieder vorfinden müsse, läßt sich jedenfalls nur an geologisch junge Maare und wenn beim Ausbruche nicht stürmische Winde herrschten, stellen. Welche Wirkungen im Laufe der Zeit die Denudation hervorzubringen vermag, zeigt uns am deutlichsten die vulkanische Gruppe von Urach.

Daß sich randlose Maare auch gleich von Anfang bilden können, berichtet uns Naumann: (p. 6;) „Die Explosion muß mit einer furchtbaren Energie erfolgt sein," sagt er. „Keine Schuttmassen, keine Felsblöcke finden sich in der Nähe des Schlotes. Es macht ganz den Eindruck, als sei die ausgesprengte Masse zu Staub zerstoben." v. Dechen[1]) führt ein Bedenken an gegenüber den Maaren, deren Rand nur teilweise mit losen, tuffartigen Massen bedeckt ist: „In diesem Falle", sagt er, „erregt aber die abgerissene, teilweise Verbreitung des Tuffes um die Ausbruchsstelle viele Bedenken, indem dieselbe ebensowenig als eine ursprüngliche Ablagerung wie als eine Wirkung späterer Zerstörung und Fortschaffung zu erklären ist." Mitscherlich schreibt die Zerschneidung der sonst noch in ursprünglicher Lage sich befindlichen Schichten der Erosion und Thalbildung zu (p. 27). Die letztere Ursache möchten wir zwar in Abrede stellen, da die Thalbildung zur Zeit der vulkanischen Thätigkeit bereits zum Abschlusse gekommen zu sein scheint. Das Thal nimmt nämlich hinsichtlich des Maares immer eine seitliche Lage ein, was darauf hinzudeuten scheint, daß es bereits bestand, als das Maar in dessen Nähe oder Rande gebildet wurde.

Das teilweise Hervortreten des Grundgebirges an den innern Abhängen der Maare zeugt nach v. Dechen (p. 228) davon, daß die Maare ihre Entstehung einem ähnlichen Vorgange verdanken, wie wir ihn in den wiederholten Explosionen einer mit Pulver geladenen Mine vor uns sehen, daß die Maare „gleichsam ausgeblasen" wurden. „Dieser Vorstellung entspricht auch die große Masse von Bruchstücken des Grundgebirges, des Devonschiefers, welche sich in dem Tuffe finden." Eine andere Thatsache, die unsere Ansicht von der Maarbildung durch Explosion von Gasen und Dämpfen

[1]) v. Dechen H.: Geognost. Führer zur Vulkanreihe der Vorder-Eifel. Bonn 1861. p. 228 f.

aufs kräftigste unterstützt, ist bereits erwähnt, nämlich die, daß die Schichten rings um die Röhren keinerlei Störungen zeigen, sondern völlig ihre ursprüngliche Lage einnehmen.

In überzeugender Weise sprechen aber für unsere Explosionstheorie, die übrigens in einigen Fällen, wie beim Schalkenmehrener und Weinfelder Maar Vogelsang selbst nicht verwirft, die Verhältnisse der vulkanischen Gruppe von Urach. Vier Gründe führt Branco an, welche gegen die Ansicht sprechen, Maare könnten auch durch Einsturz entstanden sein; wir lassen diese Gründe wörtlich folgen:

1. Einmal die große Zahl, 127 auf dem kleinen Flächenraum.

2. Der oft geringe Durchmesser derselben.

3. Ihre nicht selten dicht beieinander befindliche Lage zu zweien oder selbst mehreren.

4. Der Nachweis, daß ein Maarkessel nicht etwa ein lediglich in die äußerste Erdoberfläche eingesenktes Loch darstellt, unterhalb welches die Erdrinde zwar zerklüftet und zerrüttet, aber doch im übrigen zusammenhängend geblieben ist, sondern daß ein Maarkessel nichts anderes ist als die obere Endigung eines die ganze Dicke der Erdrinde an dieser Stelle durchbohrenden Kanales von meist rundlichem oder ovalem Querschnitte. Das Gebiet von Urach hat zum erstenmal den Beweis geliefert, daß die Maare sich als röhrenförmige Kanäle in die Tiefe hinab fortsetzen. Alles Gestein um die Röhre herum blieb unverändert stehen, was bei Senkung nicht sein könnte.

Entscheidende Bedeutung ist sodann wohl dem Berichte Naumanns zuzuerkennen, der auf dem Shirane ein Maar in statu nascendi kennen lernte. Er sagt: „Ueber die Entstehung der Eifelmaare hat man sich schon viel den Kopf zerbrochen. Behaupten die einen, daß man es hier mit Formerscheinungen zu thun habe, welche durch Einstürze in unterirdische Hohlräume erzeugt wurden, so wollen die andern die Entstehung durch Explosion beweisen. Nach der einen Theorie wäre also die Masse, welche einst den Raum füllte, der jetzt entweder leer oder mit Wasser gefüllt ist, einfach der Schwere folgend, nach unten gesunken, nach der andern wäre sie nach oben getrieben worden. Der Shiraneschlot bietet einen prächtigen Beweis für die Stichhaltigkeit der letztern Annahme. Wir lernen, daß die Maare wenigstens

in einer Anzahl von Fällen durch Explosion entstanden sein müssen, wir lernen ferner, daß ein Maar in einem Vulkankrater entstehen kann und daß derselbe Vorgang, welcher ein Maar erzeugt, auch die Bildung großer Spalten wie am Gipfel des Bandai bedingen kann."

Ein Maar, das in einem Vulkankrater entsteht, können wir doch nicht mehr so recht als ein echtes Maar bezeichnen. Es handelt sich dabei nicht mehr um die erste, ursprüngliche Bildung der in die Tiefe hinabsetzenden Röhre. Sie besteht von früheren vulkanischen Eruptionen her, durch die der Vulkankegel entstand, wurde aber dann verschüttet. Später wirft erneute vulkanische Thätigkeit diese Schuttmassen aus und erweitert die Röhre. Dieser Umstand führte Branco zu der Unterscheidung zwischen eigentlichen und parasitischen Maaren. Sofern sich Branco zu dieser Unterscheidung veranlaßt sieht, weil bei den parasitischen Maaren der Ausweg bereits früher einmal geschaffen wurde, stimmen wir ihm bei, doch dürfte das Wiedererwachen der vulkanischen Thätigkeit diese Unterscheidung nicht rechtfertigen, wie wir später sehen werden, da die Maare im ganzen nur Zeugen eines letzten Auflebens des Vulkanismus lokaler Herde sind. Branco nennt parasitische Maare solche, die an Kratern oder an den Flanken eines Vulkans entstehen, bei denen es sich also im Gegensatze zu den eigentlichen Maaren nicht mehr um die erste Bildung der in die Tiefen hinabsetzenden Röhren handelt. „In dem alten, verstopften Kanal des Shiranekraters müssen sich Dämpfe emporgearbeitet haben," sagt Naumann. „Diese Dämpfe müssen schließlich auf die den Kraterboden auskleidenden, zum Teil schlammigen, einen sehr dichten Verschluß bildenden Sedimentmassen einen so gewaltigen Druck ausgeübt haben, daß sie im stande waren, sich frei zu machen."

Unsere bisherige Untersuchung hat uns die Explosionstheorie als die richtige erscheinen lassen. Es drängt sich uns nun die Frage auf: war den vulkanischen Gasen und Dämpfen vielleicht tektonisch vorgearbeitet?

Die Versuche Daubrées[1]) haben gezeigt, daß die Gase in hartem Gestein immer die vorhandenen Haarspalten oder

[1]) Daubrée: **Rech. exp. sur le rôde possible de gaz à hautes températures douées de très fortes pressions, et animées d'un mouvement fort rapide dans divers phénomènes geolog.**
Bull. soc. géol. 1891.

die geringere Dicke des Gesteins als Angriffspunkte wählen, wie das ganz natürlich ist. Wir könnten auch bei der Maarbildung an das Vorhandensein feiner Haarspalten in der Erdrinde denken. Diese Haarspalten wären sodann durch die Gase und Dämpfe zu Röhren erweitert worden, den kleineren, obersten Teil ihres Weges hätten sie sich aber selbständig, unabhängig von Haarspalten gebahnt. Dieser selbständig eröffnete Weg würde im Gebiete von Urach 5—800 m betragen. Auf tektonischen Spalten, die bis zur Erdoberfläche reichen, erheben sich die Maare nicht. So ist in der Eifel eine an der Erdoberfläche bemerkbare Bruchlinie nicht vorhanden. v. Dechen[1]) sagt nur, daß die Maare der Eifel in einer bestimmten Linie liegen, kann aber den Beweis nicht führen, daß dieser Linie die Bedeutung einer bis an die Erdoberfläche reichenden tektonischen Spalte zukomme. Hinsichtlich des vulkanischen Gebietes von Mittelschottland betont Geikie ausdrücklich das Fehlen einer tektonischen Spalte; bei den Diatremata Süd-Afrikas will zwar Daubrée eine derartige Spalte entdeckt haben, aber Chaper[2]) hat nachgewiesen, daß eine solche nicht vorhanden ist. In dem Gebiete von Urach sprechen verschiedene Gründe gegen das Dasein einer Bruchlinie. Die Spalten müßten hier bei der gewaltigen Anzahl von senkrechten Kanälen in den verschiedensten Richtungen verlaufen, wenn sie als conditio sine qua non zu betrachten wären. Weiterhin sind in keinem Maargebiet der Erde die Kanäle schräg, sondern überall senkrecht gestellt. Sicher müßten sich auch schräg gestellte Kanäle finden, wenn die Maare auf Spalten ruhten, denn diese würden die Erdrinde in allen möglichen Richtungen beziehungsweise Neigungen durchsetzen.

Wären ferner die Kanäle nichts anderes als erweiterte Spalten, dann müßte der Tuff auch in die Fortsetzungen der Spalten rechts und links eingedrungen sein, zumal die feine Asche mit großer Gewalt ausgeblasen wurde. All das spricht gegen die Abhängigkeit der Maarkanäle von gröberen

---

[1]) v. Dechen: Geognost. Führer zur Vulkanreihe der Vorder-Eifel. Bonn 1861. p. 327.

[2]) Chaper: Observations à propos d'une note de M. Daubrée. Jahrb. für Mineral., Geol. u. Pal. 1893. p. 82/83.

Spalten. Auch die neuesten Untersuchungen von Fraas[1]) haben gezeigt, daß die vulkanischen Eruptionspunkte im Gebiete von Urach in keiner Weise mit tektonischen Störungen in Verbindung zu bringen sind. Es ergibt sich also die Folgerung, daß die vulkanischen Kräfte sich wenigstens den oberen Teil des Weges, selbständig, unabhängig von gröberen Spalten und Verwerfungen zu bahnen vermögen. Selbst die feinen Haarspalten haben wir zur Erklärung der Maarbildung keineswegs nötig, um so weniger, als der Sitz der vulkanischen Gase und Dämpfe, wie wir später sehen werden, in verhältnismäßig geringen Tiefen liegt.

So scheinen die Maare einen Beweis in die Hand zu geben zu Gunsten der neuesten Ansicht, die die Unabhängigkeit auch der größeren Vulkane von tektonischen Spalten behauptet. Nach Stübels[2]) Theorie, die eine successive Verlegung der vulkanischen Herde nach oben annimmt, sind Spalten allerdings für einen Ausbruch keine condito sinequa non, wie man bisher glaubte im Gegensatze zu einer früheren Ansicht. Damit ist aber auch der Beweis noch nicht geliefert, daß Vulkane niemals mit tektonischen Spalten in Verbindung zu bringen seien. Wir dürfen nicht von einem Extrem in ein anderes geraten. Zweifellos sind in manchen vulkanischen Gebieten tektonische Störungen vor sich gegangen. Mit diesen tektonischen Störungen können die vulkanischen Ausbrüche nur dann in Verbindung gebracht werden, wenn bewiesen wird, daß jene Störungen bereits vor den vulkanischen Ausbrüchen stattgefunden haben. Muß das aber nicht der Fall gewesen sein, wo sich Zeugen vulkanischer Thätigkeit mitten in Senkungsgebieten erheben? Wir erinnern an den Kaiserstuhl im oberrheinischen Graben, an die großen Basaltmassen der hessischen Senke, an die großen Anhäufungen jungvulkanischer Gesteine zusammen mit Geysirn und Fumarolen im Senkungsgebiete des nordamerikanischen Nationalparkes, an diejenigen des langen Jordangrabens und des ostafrikanischen Grabens. Müßten diese Zeugen vulkanischer Thätigkeit nicht mit eingesunken sein, wenn sie schon vor der Senkung der

---

[1]) Branco: Neue Beweise für die Unabhängigkeit der Vulkane von präexistirenden Spalten. Neues Jahrb. für Mineralogie 1898. I. Naturwiss. Rundschau, Jahrg. XII. u. XIII. 1897/98.

[2]) Stübel: Die Vulkanberge in Ecuador. p. 377 ff.

betreffenden Gebiete bestanden hätten? Und sind sie somit erst nach jenen Senkungen geschaffen worden, sollten dann jene tektonischen Störungen den vulkanischen Ausbrüchen nicht zu gute gekommen sein? Soweit also die neueste Ansicht das Vorhandensein tektonischer Spalten als Grundbedingung für vulkanische Ausbrüche in Abrede stellt, hat sie wohl recht, aber daß thatsächlich vielfach eine causale Verbindung zwischen tektonischen Störungen und vulkanischen Ausbrüchen besteht, darf wohl auch nicht geleugnet werden. Eine Anordnung wie Annobon, St. Thomé, Principe, Fernando Po, Kamerun dürfte wohl auch nicht gegen das Vorhandensein tektonischer Spalten sprechen!

Gelegentlich der Behandlung des dreieckigen Querschnittes, den das Maar am Jusiberg zeigt, kamen wir bereits darauf zu sprechen, daß die Vorstellung Deffners an die Lehre von den Erhebungskratern erinnert. Diese Lehre kann auf die Maarbildung keine Anwendung finden, wie uns schon die eine Thatsache zur Genüge zeigt, daß die Schichten alle ungestört sind. Humboldt sagt im Kosmos, Bd. IV (p. 277): „Es ist aber nicht blos der gänzliche Mangel an Lavaströmen, wie sie an dem äußeren Rande wirklicher Erhebungskrater oder ganz in ihrer Nähe auf den canarischen Inseln zu beobachten sind, es ist nicht die unbedeutende Höhe des Kranzes, der die Maare umgibt, welche dieselben von den Erhebungskratern unterscheiden, es fehlt den Rändern eine regelmäßige, als Folge der Hebung stets nach außen gerichtete Gesteinsschichtung. Die in den devonischen Schiefer eingesenkten Maare erscheinen, wie schon oben bemerkt, als Minentrichter, in welche nach der gewaltigen Explosion von heißen Gasarten und Dämpfen die ausgestoßenen lockeren Massen (Rapilli) größtenteils zurückgefallen sind."

E. Sueß meint, daß Wasser vermittels Infiltrationsspalten zum Schmelzbrei von oben hinabgeströmt sei.[1]) Gegen diese Annahme sprechen deutlich die stets senkrecht in die Tiefe hinabsetzenden Kanäle. Sicher hätten die von Sueß angenommenen Wasserrinnen den Jura auch in schräger Richtung durchschnitten und wären von den Gasen und

---

[1]) Branco: Ueber die Entstehung der vulkanischen Durchbohrungskanäle im Gebiete von Urach. Württembg. naturw. Jahreshefte 53. 1897. p. 19.

Dämpfen als Ausweg gewählt worden. Von solch groben Spalten, wie sie zum Ablauf großer Wassermassen nötig wären, kann keine Rede sein. Stünden mit Wasser gefüllte Höhlungen oder Spalten mit der Entstehung der Maarkanäle in ursächlichem Zusammenhange, so müßten sich auch solch tufferfüllte Spalten vorfinden, was aber keineswegs der Fall ist. In kalkigen Karstgebirgen könnte die Sueß'sche Hypothese allenfalls noch als berechtigt erscheinen, aber es werden ja ganz verschiedenartige Formationen und Gesteine an den verschiedensten Orten durchbohrt von nur einzelnen Kanälen oder siebartig. Die schwäbische Alb trägt nur im obersten Achtel, höchstens Viertel Karstcharakter; es kann sich also hier nicht um Explosionen von Wasser in Höhlungen und Spalten handeln. Unsere Kanäle reichen in Tiefen von 5—800 m und weiter. Wir müssen also die Sueß'sche Hypothese, die höchstens im Karstgebirge denkbar, wenn auch keineswegs wahrscheinlich ist, verwerfen, da wir eine Erklärung nötig haben, die für alle Fälle paßt. Und dieser Anforderung entspricht nur die Explosionstheorie, wie wir sie oben angeführt haben. Explodierende Gase und Dämpfe bahnen sich selbständig den Weg an die Erdoberfläche, höhlen die Kanäle rundlichen oder ovalen Querschnittes aus.

Die Frage nach der Natur der bei der Maarbildung thätigen Gase kann nicht befriedigend gelöst werden. Einigen Aufschluß geben uns die Maare Central-Amerikas, auf deren Grund heute noch dann und wann Ausbrüche vulkanischer Gase stattfinden, welche schweflige Säure liefern. Auch im Laacher See steigt noch Kohlensäure auf, sowie im Maar von Wehr. Im Maar von Kleinengstingen haben wir noch kohlensäurehaltige Quellen, es ist der einzige Säuerling der Alb. Aus dem Boden des von Junghuhn[1]) beschriebenen Maares Kawah-Tjiwidai, dessen Kessel noch nicht von einem See eingenommen wird, zischen an zahlreichen Stellen Gase hervor, so Wasserdampf, Salzsäure, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und schweflige Säure.

Bornemann[2]) bestreitet das Vorhandensein von Wasserdampf bei vulkanischen Ausbrüchen. Diesen kommt seiner Ansicht

[1]) Bd. II. p. 52 ff.

[2]) Jahrbuch der k. preuß. geol. Landesanstalt u. Bergacademie in Berlin f. d. J. 1887. Berlin 1888. p. 235—283.

nach eine treibende Kraft bei den Ausbrüchen wenigstens der Landvulkane nicht zu; daß Wasserdampf bei den submarinen Ausbrüchen eine Rolle spielt, gibt er zu. Er glaubt, daß die von Anfang der Entstehung der feurigflüssigen Massen an absorbierten Gase bereits ausgeschieden seien; eine neue Gasquelle erblickt er nur in den chemischen Zersetzungen, die sich in dem flüssigen Gesteinsbrei vollziehen. Für gewisse Fälle, wie den Krakatau-Ausbruch und den des Rotohama-Sees schreibt auch Bornemann dem Wasserdampf bedeutende Wirkung zu. Bei Landvulkanen kommt ihm in der Regel eine solche nicht zu. Zweifelsohne entströmen aber auch den Landvulkanen große Mengeu Wasserdampf. Im Gegensatz zu Bornemann schreibt Mitscherlich dem Wasserdampf eine gewaltige Wirkung zu, wenn er in seinem chemisch-geognostischen Vortrage sagt: „Nur Wasserdämpfe können die Auswürfe der Eifel bewirkt haben; sie würden aber den Olivin und Augit zu den feinsten Tropfen verteilt und zerstäubt haben, wenn sie diese noch flüssig getroffen hätten.“ Auch Stübel[1]) berichtet, daß aus dem Krater des Pichincha (Ecuador) eine blendend weiße Wasserdampfsäule ausgestoßen wird, der kleine Mengen schwefliger Gase beigemischt sind.

Wo haben nun die Gase ihren Sitz und wie werden sie in Thätigkeit gesetzt? Rozet[2]) verlegt den Sitz der Gase in Höhlen, die mit flüssigem Basalt gefüllt sind, der dann in Gestalt von Bomben ausgeworfen wird. Branco hält diese Ansicht für nicht richtig, er steigt tiefer. Auch Gerland[3]) läßt in seinem Aufsatze über den Ausbruch des Mt. Pelée auf Martinique einzelne höher liegende Schmelzfluß-Reservoire nicht gelten, „da diese bei dem Alter der Erde längst erschöpft sein oder sich stets neu bilden müßten.“ Gerland verlegt den Sitz der Gase in Tiefen von 300 km und mehr. Thatsächlich stehen nun die erloschenen Vulkangebiete keineswegs vereinzelt da und eine Speisung der Schmelzfluß-Reservoire war jedenfalls lange Perioden der Erdgeschichte hindurch möglich. Die schwäbische Alb besitzt 127 Schlote, die zum Theil überhaupt nur einen geringen Durchmesser haben —

[1]) Stübel: Die Vulkanberge von Ecuador. Berlin 1897. p. 37.

[2]) Rozet: **Mémoire sur les volcans de l'Auvergne. Mém. soc. géol. France. Paris 1844. p. 120.**

[3]) Deutsche Rundschau. Heft XII. 1902. p. 430.

Neumeyr[1]) gibt auch den Durchmesser der „Hütsche“ in der Eifel auf nur wenige Fuß an — die sich nach unten zu noch verjüngen. Diese Schlote können doch kaum in solche Tiefen reichen. Die aus Magma bestehende Füllmasse der Schlote soll deren Zusammenpressen durch seitlichen Druck der Erdrinde verhindern. Diese Füllmasse ist aber nicht von Anfang an fest. Sie könnte also wohl in ihrem zähflüssigen Zustande durch den seitlichen Druck nach oben gepreßt werden, während der Schlot sich nach unten schließt. Wenn die Schlote in jene Tiefen reichen sollen, müssen sie sich nicht durch jene Zone erstrecken, wo alle Gesteine in zähflüssigen Zustand übergehen? Wie das möglich sein sollte ist schwer verständlich.

Bei den Alb-Maaren haben wir den Basalt als den Urheber der Ausbrüche bezeichnet, die „Tiefenlage des eigentlichen Basaltkuchens“ vermochten wir nicht zu bestimmen. Neben den angeführten sprechen noch verschiedene andere Gründe dafür, daß wir den Sitz der vulkanischen Gase und Dämpfe nicht allzu tief zu suchen haben. Basalt ist ein Ergußgestein, das in der Nähe der Erdoberfläche erstarrt. Offenbar können wir es in Maargebieten nur mit kleineren vulkanischen Herden zu thun haben. Diese können um so weniger in großen Tiefen liegen als wir bereits das Fehlen von Spalten nachgewiesen haben, so daß sich die Gase und Dämpfe den Ausweg selbst bahnen mußten. Da der Gas- nnd Dampfgehalt kleiner Herde ebenfalls ein entsprechend kleinerer ist, können die Gase keinen zu großen Weg selbständig gebahut haben. Wie wäre ferner die außergewöhnlich rasche Zunahme der Erdwärme, die im Gebiete von Urach auf das Dreifache der gewöhnlichen Temperaturzunahme steigt zu erklären? Das alles deutet darauf hin, daß der vulkanische Herd nicht zu tief unter der Erdoberfläche liegen kann. Etwas Bestimmtes wird sich ja über jenen Sitz überhaupt nicht sagen lassen. In verschiedenen vulkanischen Gebieten wird er auch in verschiedenen Tiefen zu suchen sein. Der Sitz der maarbildenden Gase und Dämpfe ist derselbe wie der der glutflüssigen Masse, die die Trägerin der schöpferischen Kraft ist. Je nachdem also diese Masse in größeren oder geringeren Tiefen liegt, ist dies auch bei dem Sitze der Gase der Fall. Daß diese

---

[1]) Neumayr: Erdgeschichte, Bd. I. Leipzig 1895. p. 213.

Massen im Gebiete von Urach nur in verhältnismäßig geringen Tiefen liegen können, haben wir gezeigt. Wir können es also hier nur mit Stübels peripherischen Herden — niederer Ordnung — zu thun haben. Peripherische Herde sind im Gegensatze zum großen Centralherde jene, welche oberhalb der ursprünglichen Erstarrungsrinde, in der „Panzerung" liegen und infolge des Erkaltungsprozesses der Erdmasse lange Zeit durch Eruptionskanäle vom Centralmagmaherde ausgespeist wurden. Da die Verbindung mit dem Centralherde lange andauerte und die Lavakruste als schlechter Wärmeleiter bekannt ist, so konnten sich die peripherischen Herde umso länger erhalten, ja viele bis heute. Das Wärmeleitungsvermögen der Schlackenkruste ist so gering, daß noch im Fluß begriffene Lavaströme sich gefahrlos überschreiten lassen. Größere Ströme können im Innern sehr lange warm bleiben. So beobachtete Dr. Hoffmann [1]) 1830 am Aetna einen vor 43 Jahren ausgeflossenen Strom, der noch heißen Dampf aushauchte. [2]) In jenen peripherischen Herden, die in ganz verschiedenen Tiefen liegen können, liegt also der Sitz der Gase, deren Explosionen wir die Schöpfung der Maare zugeschrieben haben. Bekanntlich kommt manchen Metallen und Hüttenprodukten in geschmolzenem Zustande die Eigenschaft zu, Gase in großen Mengen zu absorbieren, die sie dann erst bei ihrer allmählichen Erkaltung wieder abgeben. Besonders groß ist das Absorptionsvermögen des geschmolzenen Silbers. Daß auch vulkanische Eruptivgesteine gasförmige Bestandteile beherbergen, beweist deren blasige Beschaffenheit. Wir sind also wohl berechtigt, anzunehmen, daß das bei verschiedenen Metallen beobachtete Absorptionsvermögen auch dem feuerflüssigen Magma zukommt.

Wie kommt nun aber jene Materie in jene bedeutenden Höhen der Erdrinde? Antwort auf diese Frage gibt uns Stübel, der jahrelang die Vulkanberge in Ecuador und Columbia studierte. Die von Stübel wieder geltend gemachte Theorie von der Expansion vulkanischer Materien bei ihrer Abkühlung begegnet uns bereits bei Nasmyth [3]) in seiner Abhandlung über den Mond.

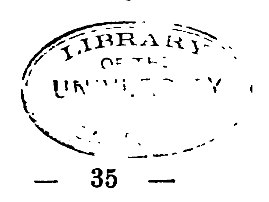
---

[1]) Kayser E: Lehrbuch der Geologie I. T. p. 360.
[2]) Siehe Credner: Elemente der Geologie. Leipzig 1887. p. 160.
[3]) S. den späteren Abschnitt über Mondmaare!

Bekannt ist, daß sich ein Körper infolge von Wärmeabgabe zusammenzieht, sein Volumen verkleinert. Viele Flüssigkeiten mit Schmelzwärme zeigen jedoch keineswegs eine stetige Volumenverminderung. Im Gegenteil, bei einer bestimmten Temperatur angekommen, tritt eine Volumenvergrößerung ein. Wir erinnern an das Verhalten von Wasser, dem das des Wismuth und vor allem das der den Laven ihrer Natur nach [illegible] nahestehenden Glasflüsse ganz ähnlich ist. [illegible] ist das Verhalten des Reich'schen Metallgemisches[1]). Starres Eisen schwimmt auf geschmolzenem. [illegible] in den [illegible] und Karl [illegible] wird uns berichtet, wie sich feste Lavablöcke auf der Oberfläche von flüssiger Lava schwimmen sehen. Die gleiche Beobachtung machte [illegible] 18[illegible] auf den hawaiischen Inseln und berichtet Marcuse[2]). Diese Beobachtungen sprechen für eine Ausdehnung der vulkanischen Materie beim Erkalten, es müßte denn sein, daß die Lavaschollen durch eine infolge der an den Rändern früher eintretenden Abkühlung nach der Mitte zu gerichteten Strömung über der flüssigen Lava gehalten werden. Auch Neumayr[3]) erwähnt, daß immer mehr Thatsachen dafür sprechen, daß starre Lava weniger dicht ist als flüssige; besonders haben die von Rieß angestellten Versuche gezeigt, daß erkaltete Lava hauptsächlich infolge ihres geringeren spezifischen Gewichtes auf flüssiger schwimmt. „Nach allem, was bis jetzt über Molekularvorgänge in erkaltenden Schmelzmassen wissenschaftlich experimentell festgestellt worden ist", sagt Stübel[4]), „wird man vielmehr den Ausspruch wagen dürfen, daß es eine Ausnahme wäre, wenn in dem Erkaltungsprozesse der glutflüssigen Materie im Erdinnern nicht auch Phasen gewaltiger Volumenvergrößerungen durchlaufen würden". Die von Rieß[5]) angestellten Versuche haben zu dem Ergebniß geführt, daß bei vielen Körpern eine Ausdehnung in einem gewissen Stadium der Abkühlung —

---

[1]) Wüllner A.: Die Lehre von der Wärme.
[2]) Marcuse: Die hawaiischen Inseln. Berlin 1894. p. 60.
[3]) Neumayr: Erdgeschichte Bd. I. Leipzig u. Wien 1895. p. 130.
[4]) Stübel: p. 379.
[5]) Ueber das Verhalten der Silicate beim Uebergang aus dem glutflüssigen in den festen Aggregatzustand.
Progr. zur 70. Jahresfeier der k. württembg. landw. Akademie Hohenheim. Stuttgart 1889.



mindestens bei der Erstarrung — zu beobachten ist. Eine Begleiterscheinung der Volumenvergrößerung ist das Freiwerden der absorbierten Gase. Ihnen, deren Kraft durch Mitwirkuug des atmosphärischen Wassers vergrößert wird, kommt bei jedem vulkanischen Ausbruche eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu. Sie bahnen der Eruptionsmasse den Weg zur Erdoberfläche und steigern deren Beweglichkeit. Ueber die Gewalt eingeschlossener Gase lesen wir in den älteren Ausgaben der Physik von Gren:[1] „Die Gewalt, welche eingeschlossene Dünste durch die Erhitzung gegen die Hindernisse ihrer Expansion auszuüben im stande sind, ist bewunderungswürdig groß und die Kraft des im eingeschlossenen Raume zur Glühhitze erhitzten Wasserdampfes kann keiner Berechnung unterzogen werden, weil es uns an Mitteln fehlt, den übergroßen Grad der Ausdehnsamkeit dieser Dünste zu messen, der wohl hinreichend ist, den bewunderungswürdig großen Effekt der Vulkane und der Erderschütterungen daraus abzuleiten". Die Erscheinungen des Erkaltungsprozesses sind die nämlichen ihrem Wesen nach, ob nun die Masse selbst sehr groß oder nur klein ist. Wohl aber hängt von der Masse die Intensität und Dauer der Erscheinung ab. Diese stehen im Verhältnis zur erkaltenden Masse. Da nun die Maare nur von geringer Intensität und kurzer Dauer Zeugnis ablegen, so dürfen wir auch nur auf einen kleinen peripherischen Herd schließen. Dieser hat aber nicht von Anfang an in so bedeutender Höhe gelegen, wie wir das im Gebiete von Urach sahen. Er ist allmählich aufwärts gerückt. Infolge des Abkühlungsprozesses ist ein peripherischer Herd höherer — vielleicht erster — Ordnung in Thätigkeit gesetzt worden. Dessen Masse wurde aber nicht an die Erdoberfläche geworfen, sondern in eine höher gelegene unterirdische Höhle. Dazu war eine tektonische Spalte nicht nötig. Gleichwohl ist es nicht ausgeschlossen, daß Haarspalten, die nicht bis an die Erdoberfläche reichen, diesen ersten Ausbruch begünstigten. Daß unter hohen Gebirgen solche Hohlräume anzunehmen sind, zeigten die neueren Untersuchungen über die Schwere, denn sie haben das Vorhandensein von Massendefekten dargethan. Daß auch die schwäbische Alb ehedem viel höher war, zeigt schon der Umstand, daß die Erosion im Laufe der

[1] Nöggerath: Das Gebirge in Rheinland u. Westfalen. p. 211.

Zeit einen 23 km nach Norden reichenden Rand abgetragen hat. Es liegt also die Masse des vulkanischen Herdes höherer Ordnung natürlich nur z. T. in jener Höhle. Jener erste peripherische Herd ist damit zu einem solchen niederer Ordnung geworden. Hier beginnt der Abkühlungsprozeß an der weniger umfangreichen Masse wieder und das Endresultat muß wieder eine Explosion sein. Der Gasgehalt eines solch kleinen peripherischen Vulkanherdes ist natürlich geringer als der eines großen, und somit fehlt der Materie auch eine große Beweglichkeit. So kommt es hier lediglich zur Freilegung des Weges durch die explodierenden Gase und Dämpfe, während die Eruptionsmasse selbst nicht bis zur Oberfläche zu steigen vermag, sondern in der Tiefe erstarrt; es kommt zur Bildung eines Maares. Von der der kleineren Masse entsprechend geringeren Intensität des Ausbruches legen Zeugnis ab die unbedeutenden Eindrücke, welche in der Eifel die ausgeworfenen Blöcke in die unterliegenden Schichten gemacht haben. Wäre die Intensität des Ausbruches groß gewesen, so müßten die Eindrücke viel bedeutender sein, denn ein Thonschieferblock von 1 Kubikfuß wiegt 150 Pfund und kann durch einen Druck von $^1/_{15}$ Atmosphären schwebend im Gleichgewicht und durch einen etwas stärkeren Druck fortbewegt werden.[1]) Für eine Basaltkugel von 1 Fuß Durchmesser ist ein Druck von kaum $^1/_{10}$ Atmosphären nötig.

Nicht überall brauchen wir jedoch peripherische Herde niedrigster Ordnung anzunehmen. Wo wir neben den Maaren auch Zeugen von echtem Vulkanismus sehen, Vulkanberge, wie in der Eifel, Auvergne etc., da werden wir nicht zwei verschiedene peripherische Herde annehmen dürfen. Bei der Bildung der Vulkankegel ist ein großer Teil der vulkanischen Materie ausgeworfen worden. Doch auch an der zurückgebliebenen vollzieht sich weiterhin der Abkühlungsprozeß. Es werden so deren absorbierte Gase und Dämpfe frei, und diese bahnen sich einen Ausweg, eine Arbeit, die ihnen vielleicht durch manche anläßlich des Aufbaues der Vulkankegel entstandene feinere Spalte erleichtert wird, welche den Gasen den Ausweg leichter gestattet als die durch eine solide Gesteinsmasse vollkommen ausgefüllten und geschlossenen ursprünglichen Eruptionskanäle der massigen Vulkane.

---

[1]) Mitscherlich: Ueber die vulk. Erscheinungen der Eifel. p. 43.

So sind die Maare in jenen Gebieten echten Vulkanismus die letzten Aeußerungen der vulkanischen Kraft, die vom gleichen Herde ausging, der das Material zum Aufbau der neben den Maaren stehenden Vulkankegel geliefert hat. Daß die Maare erst nach dem Aufbau jener vulkanischen Kuppen entstanden, beweist wohl schon der Umstand, daß sie so schön erhalten sind. Hätten sie früher schon bestanden, dann wäre durch jene Ausbrüche ihr typischer Charakter beeinträchtigt worden. Sehen wir uns aber auch nochmals um nach jenen Maaren in Gebieten, wo neben ihnen keine Vulkankegel stehen, wie das im Maargebiet der schwäbischen Alb der Fall ist. Hier müssen wir peripherische Herde niederer Ordnung annehmen. Das beweisen wohl auch die bei der Maarbildung ausgeworfenen Gesteinsarten. Den scharf ausgeprägten Gesteinswechsel zwischen den Maaren und echten Vulkanen hat schon, wie früher angeführt, v. Montlosier u. Stengel hervorgehoben. Dieser Wechsel der petrographischen Beschaffenheit beweist deutlich, daß magmatische Vorgänge die Ursache der Eruptionen sind und sprechen somit gerade die Maare für die Richtigkeit des Grundgedankens der Stübel'schen Theorie. Gerade bei den Maaren fällt dieser Wechsel der petrographischen Beschaffenheit besonders auf und muß auch am auffälligsten sein, weil, wie wir gesehen haben öftere, wenn auch unterirdische Eruptionen stattgefunden haben, bis der vulkanische Herd in die entsprechende Höhe gerückt war. Der Eintritt einer neuen Eruption ist aber auch verbunden mit einem Wechsel der petrographischen Beschaffenheit der Produkte.

Wenn wir nun in Betracht ziehen, daß auch in vulkanischen Gebieten wie in dem von Urach bereits *unterirdische* Ausbrüche stattgefunden haben, so daß also hier die Maarbildung nur scheinbar, nur nach der Erdoberfläche den Anfang der vulkanischen Thätigkeit bezeichnet, wenn wir uns ins Gedächtnis zurückrufen, was wir oben über die wahrscheinliche Entstehung der Maare in Gebieten wie in der Eifel und Auvergne gehört haben, so müssen wir zu dem Schlusse kommen: Die Maare sind, genau genommen, die Produkte eines letzten Auflebens der vulkanischen Kräfte localer Herde. Wir müssen also notwendig von der von Branco gebrauchten Bezeichnung „Vulkan-Embryo" abkommen. Ein Embryo ist der erste Lebenskeim, der sich weiter entwickelt, wenigstens

die Fähigkeit dazu besitzt. Die Maare bezeichnen aber, wie wir dargethan, nicht den Anfang, sondern das Ende des vulkanischen Lebens, sind Zeugen des absterbendeu Vulkanismus an bestimmten Punkten innerhalb der Erdrinde, sind in ihrer Art fertige Gebilde, die sich aus den angeführten Gründen nicht mehr weiter entwickeln können, sie sind „senile Vulkane", „Vulkan-Epigonen".

Wir haben früher gesagt, (pag. 7) das Wesentlichste der Maare bestehe darin, daß die vulkanische Thätigkeit nur ein Eintagsleben fristete. Wir haben dafür jetzt auch die Gründe kennen gelernt. So sprechen gerade die Maarbildungen für die Stübel'sche Theorie, welche jene auf natürliche Weise erklärt. Gegenüber den gegen Stübels Theorie laut gewordenen Stimmen möchten wir noch auf Prof. Dannenbergs [1]) Abhandlung in der naturwissenschaftlichen Rundschau verweisen. Dannenberg kommt zu dem Schlusse: Wir können sagen, „daß keine von den (vulk.) Erscheinungen mit den aus der Theorie abgeleiteten Folgerungen in Widerspruch steht, viele durch sie eine einfache und befriedigende Erklärung finden". Eine Bestätigung unserer Behauptung, daß die Maare die Produkte eines letzten Erwachens der vulkanischen Thätigkeit localer Herde, sind, sehen wir auch in Naumanns Ansicht über den Shirane und Bandai. Naumann sagt nämlich in seinen Schlußbetrachtungen: „In beiden Fällen haben wir es mit Vulkanen zu thun, die allem Anschein nach ausgebrannt sind". Bei Stübel lesen wir: [2]) „Das erste Erwachen eines peripherischen Herdes scheint stets mit gewaltigen Aeußerungen verbunden zu sein, hinter denen alle späteren Bethätigungen des gleichen Herdes bei weitem zurückbleiben"; auch Gerland sagt (p. 433), daß die ersten Ausbrüche bedeutender seien als die letzten und doch gibt er Branco „zweifellos Recht", wenn er behauptet, daß in der Maarbildung der Anfang jeglicher Vulkanentwickelung bestehe. Nun haben wir aber iu den Maaren der schwäb. Alb und der Eifel doch ganz unbedeutende Aeußerungen eines vulk. Herdes vor uns, sie können also wohl kaum die Anfänge der vulk.

---

[1]) Dannenberg: Die vulk. Erscheinungen im Lichte der Stübel'schen Theorie. Naturwiss. Rundschau. Jahrg. XVI. 1901. No. 1, 2, 3.

[2]) Weltall und Menschheit. Liefg. VI. p. 134.

Entwickelung darstellen. Allerdings bezeichnet die Schlotbildung den Anfang eines vulk. Ausbruches, aber nicht die Bildung der Maarschlote. Durch sie entwickelt sich der Vulkan nicht, kann sich nicht entwickeln. Beim ersten Ausbruch werden die Vulkankegel aufgebaut. Solche fehlen der schwäb. Alb und in der Eifel zeigen sie, daß die Maare später geschaffen wurden, durch die letzte Kraft des dort liegenden peripherischen Herdes. So verstehen wir, warum hier die vulk. Thätigkeit nur ein Eintagsleben fristete, warum sie plötzlich für immer aufhörte.

Mit dem Bandai-Ausbruche vergleicht Gerland die unheilvolle Katastrophe vom 8. Mai v. J. auf der Insel Martinique und nennt auch die letztere eine Maarexplosion offenbar im Hinblick darauf, daß die Maarschlote durch derartige Gasexplosionen geschaffen wurden. Zweifellos war jener Vorgang eine furchtbar heftige Gasexplosion und besteht jene Aehnlichkeit mit dem Bandai-Ausbruche, aber dennoch scheint uns die Bezeichnung „Maarexplosion“ als nicht ganz passend, da sie zu leicht die Vorstellung wach ruft, als hätten wir im Mt. Pelée nun ein Maar vor uns, eine Vorstellung, die unrichtig wäre, denn aus dem Schlote des Mt. Pelée ergoß sich am 22. Mai nochmals ein Lavastrom. Beim Bandai aber wie beim Shirane floß keine Lava, beide gelten, wie schon gesagt, als ausgebrannte Vulkane.

In der Erklärung jener mächtigen Explosion hat Gerland (p. 432) seine Ansicht ausgesprochen, wie er sich überhaupt eine Vulkaneruption denkt. Unsere Gründe gegen Gerlands Ansicht über den Sitz der vulk. Gase und Dämpfe haben wir bereits angeführt. Der Anforderung, eine Theorie müsse auf alle Fälle anwendbar sein, genügt die von Gerland nicht. Diese fordert Schlote. Woher aber die Schlote, wie sind sie entstanden? Sollten die Gase und Dämpfe im stande sein, sich selbständig aus jenen Tiefen den Weg an die Erdoberfläche zu bahnen? Und wenn sie eine solche Arbeit zu leisten vermögen, wie erklären sich dann die erloschenen Vulkangebiete? Warum hörte die vulk. Thätigkeit mancherorts, wie in der schwäb. Alb plötzlich auf? Hier wären doch die Bedingungen, die Schlote, gegeben. Wir dürfen doch wohl nicht annehmen, daß zwar hinlänglich Gase und Dämpfe vorhanden waren, um sich aus jenen Tiefen einen Ausweg zu bahnen, daß der Vorrat aber auch gerade damit

aufgebraucht wurde, denn es gibt ja Maare, bei denen es thatsächlich nur zu einem einmaligen Auswurfe loser Aschen und Sande kam. Jene Gase bilden sich sodann im Erdinnern doch fortwährend und wenn sie auch nicht überall im Erdinnern gleich verteilt zu sein brauchen, so dürfen wir doch wohl auch nicht annehmen, daß sie sich hauptsächlich nach jenen Orten des Erdinnern hinziehen, auf die Schlote thätiger Vulkangebiete stoßen sollen, während sie die Schlote erloschener Vulkangebiete umgehen.

Stübels Theorie genügt jener oben aufgestellten Anforderung und deren Grundgedanken sahen wir gerade durch die Maare gestützt. Die Ansicht, daß vulk. Herde allmählich aufwärts rücken können, gewinnt noch durch die Untersuchungen von Branco und Fraas über die Entstehung des Rieskessels. Sie erklären ihn als eingebrochenen Laccolithen und werden nun die Ansicht vertreten, daß dieser Einbruch die Folge einer Explosion war, welche die Ueberschiebungen einleitete. v. Knebel wird seine Untersuchungen über das „Vergriesungsphänomen“ im Vorries veröffentlichen. Dasselbe scheint Aehnlichkeit zu haben mit den Maarexplosionen; doch da nach einer Mitteilung v. Knebels in den Vergriesungsgebieten Kanäle kaum vorhanden sind, auch eine bestimmte Schichtenlage nicht zu beobachten ist, scheint uns der Herd dieser Explosionen in ganz geringen Tiefen gelegen zu haben, stand jedenfalls in Zusammenhang mit dem Laccolithen.

Auch Hausmanns magnetische Aufnahmen Württembergs sprechen für Stübels Ansicht, denn sie zwangen Hausmann zu der Annahme eines unterirdischen Magnet- od. Basaltlagers.

Die Größe der Maare ist sehr verschieden; der Durchmesser schwankt innerhalb weiter Grenzen. Einige Beispiele mögen als Beleg dienen. Das ovale Holzmaar in der Vorder-Eifel mißt etwa 300 u. 226 m. Bevor der Spiegel des Laacher Sees sich senkte, betrug dessen Durchmesser 2500 u. 1500 m, der des Randecker Maares beträgt etwa 1000 m, der Maarsee von Apoya in Central-Amerika ist 2782 m lang und 1392—1859 m breit, der von Stübel erwähnte und von Reiß ausgemessene mit Wasser gefüllte Maarkessel Cuicocha am Südabhange des Cotacachi mißt 3,2 u. 2,3 km.

Die Tiefe der Maare hängt natürlich ab von der Höhe, bis zu welcher die Füllmasse heraufreicht in dem Kanal oder Trichter. Eine secundäre Rolle spielt sodann die Denudation,

welche die Abtragung des Trichters oder Kessels im Laufe der Zeit besorgt. Ueber die Tiefenverhältnisse der Eifeler Maare geben uns die von Follmann [1]) und Halbfaß [2]) angestellten Untersuchungen näheren Aufschluß. Follmann berichtet, daß das Schalkenmehrener Maar bei 580 m Durchmesser nur eine Tiefe von 22 m besitzt, das Weinfelder Maar bei 360 m eine solche von 53 m, und daß das Gemündener Maar bei 325 m Durchmesser 39 m tief ist. Halbfaß maß im Laacher-See eine mittlere Tiefe von 32,5 m, eine Maximaltiefe von 53 m, die er ziemlich genau in der Mitte vorfand. Das Pulvermaar besitzt eine größte Tiefe von 74 m und eine mittlere Tiefe von 37,6 m. Die geringste absolute, wie relative Tiefe weist das Meerfelder Maar auf: 17 bezw. 8,4 m. Durch ihre Tiefe werden den Maaren die unterirdischen Quellen geöffnet, die ihre Becken füllen. Es sind aber keineswegs alle Becken mit Wasser gefüllt; viele sind auf natürlichem oder künstlichem Wege entwässert worden und häufig wird nun der Boden von einem Torfmoor eingenommen.

In den Eifelmaaren, die z. T. zu- und abflußlos sind oder auch nur ganz unbedeutende Zu- und Abflüsse haben und eine relativ bedeutende Tiefe erreichen, waren für Temperaturmessungen im Wasser ideale Versuchsbecken geboten. Es wurde von Halbfaß [3]) bei diesen Temperaturmessungen in allen Maaren eine Sprungschicht beobachtet, beim Laacher-See sogar noch eine zweite. Ausgezeichnet ist die Sprungschicht durch ein rasches Wandern. „Im allgemeinen lag sie umso tiefer, je größer die absolute Tiefe des Sees ist; ein bestimmtes gegenseitiges Verhältnis konnte aber nicht constatiert werden". [4])

Was das Alter der Maare betrifft, so bemerkten wir bereits früher, daß sich Maare zu allen Zeiten bilden konnten, und wie der Shiraneausbruch zeigte, haben sich solche bis in die neuere Zeit gebildet. Dieser Vorgang aus neuerer Zeit widerlegt auch Vogelsangs Ansicht, daß wir nicht erwarten

[1]) Follmann: Die Eifel. Stuttgart 1894. (Forschg. z. deutschen Landes- und Volks-Kunde).

[2]) Halbfaß W.: Tiefen- u. Temperaturverhältnisse der Eifel-Maare. Petermanns geogr. Mittlg. 43. 1897. S. 149 ff.

[3]) Halbfaß: p. 152.

[4]) Halbfaß: p. 152.

dürften, es würden sich in der Nähe unserer Vulkane auch heute noch Maare bilden, wir dürfen das sogar erst recht erwarten. Als älteste Maare lernten wir die der vulkanischen Gruppe von Urach kennen, welche in mittelmiocäner Zeit entstanden und schließlich an Alter nur noch übertroffen werden könnten durch die in Central-Schottland, sofern wir es hier mit echten Maaren zu thun haben. Jüngeren Datums sind die Eifelmaare, die der quartären Zeit angehören, während die Vulkankuppen der Eifel in die tertiäre Zeit zurückreichen. Steininger[1]) sagt: „Es scheint mir ausgemacht zu sein, daß die letzten Eruptionen in der Eifel und am Rheine, sowie in der Auvergne, dem Velay und Vivarais, in Zeiten fallen, wo die Erde durchaus ihre gegenwärtige Gestalt rücksichtlich des Meeresstandes und der Thalbildung hatte".

Wir schließen den ersten Teil unserer Untersuchung über das Wesen der Maare mit einer Definition des Begriffes „Maar", die wir auf Grund der gewonnenen Anschauung in nachstehende Worte fassen möchten:

Ein Maar ist eine vulkanische Erscheinung, deren charakteristisches Merkmal ein in die Tiefe hinabsetzender Kanal rundlichen oder ovalen Querschnittes ist. Dieser Kanal ist gefüllt mit Tuffbreccien, seltener mit festem Eruptivgestein, die von unten, durch einen Ausbruch an Ort und Stelle in den Kanal gelangt sind. Der Kanal hat entweder ganz senkrechte d. h. parallele Wände oder der Kanal erweitert sich gewöhnlich nach oben und endigt, je nachdem die Erweiterung allmählich oder rascher vor sich geht in Kessel- oder in Trichterform, die, wenn erhalten, auch mit Wasser gefüllt sein kann. Die Maare sind die Produkte des erlöschenden Vulkanismus localer Herde in der Erdrinde, Vulkan-Epigonen, mit Rücksicht darauf, daß die Hauptkraft des vulk. Herdes schon früher beim Aufbau der Vulkankegel oder bei der Aufwärtsverlegung des Herdes verbraucht wurde. Successive aufwärts gerückte peripherische Herde kühlen sich ab, in einem bestimmten Stadium angekommen, dehnen sich die vulkanischen Massen aus, was mit einer Auslösung der von der vulkanischen Masse absorbierten Gase und Dämpfe verbunden ist. Diese explodierenden Gase und Dämpfe blasen den Schlot aus.

---

[1]) Steininger: Bemerkungen über die Eifel und Auvergne. Mainz 1820. p. 35.

Nur lose Aschen, Sand und Lapilli wurden ausgeworfen. Zu einem Ueberfließen der vulkanischen Masse und Aufbau von Vulkankegeln konnte es nicht kommen, weil nur kleinere, allmählich aufwärts gerückte peripherische Herde niederer Ordnung oder auch Reste peripherischer Herde höherer Ordnung thätig waren.

II. Theil.

Geographische Verbreitung der Maare.

Gilbert gibt die Zahl der auf dem Erdkreise bekannten Maare auf 50 an; wir wissen jedoch, daß die vulkanische Gruppe von Urach allein mehr als die doppelte Anzahl aufweist. Branco nennt das Gebiet von Urach mit Recht „das größte Maargebiet der Erde". Es umfaßt dieses Gebiet ein Areal von 20 Quadratmeilen, das von 127 senkrechten Schloten rundlichen oder ovalen Querschnittes in einer Weise durchbohrt ist, als wären sie mit einem Locheisen durchgestoßen. Diese gewaltige Anzahl und die vielen bekannten Aufschlüsse der Maarschlote im Uracher Gebiete rechtfertigen den Ausspruch Brancos vollauf: „Fast als ein Unikum stehen diese vulk. Verhältnisse da". Gleiches mag auch an anderen Orten vorkommen, nämlich da, wo sich Maare finden. Aber unser schwäbisches Gebiet ist wohl allein auf Erden im stande, den Schlüssel zu liefern für das Verständnis der Dinge, den Schlüssel, welcher die Tuffgänge im Carbon Schottlands, vielleicht auch die diamantführenden Tuffgänge Südafrikas in Verbindung bringt mit einstigen, längst zerstörten Maaren (I. T. p. 506). Das Urachgebiet dehnt sich aus vom Gaisbühl im SW bis zum Aichelberg in NO und von Apfelstetten im S bis nach Scharnhausen bei Stuttgart im N. Von den 127 Vorkommen wollen wir nur die wichtigeren herausgreifen, im übrigen verweisen wir auf die vorbildliche Monographie Brancos, der sie alle eingehend und in schönster Ordnung behandelt und dem wir hier folgen.

1. Das Tuff-Maar v. Feldstetten.
2. Das von Zainingen.

Beide wurden bereits erwähnt, weil ihr Dasein durch die auffällige Wasserführung im Weiß-Jura δ verraten wird.

5. Das Tuff-Maar mit dem Hofbrunnen östl. v. Seeburg.

Wir führten dieses Maar bereits früher an wegen seines spitz zulaufenden Trichters, der jedoch seinen typischen Charakter der Erosion verdankt, also ihn erst secundär erworben hat.

4. Das Tuff-Maar von Sirchingen.

Den Beweis für das Vorhandensein eines einstigen Maares liefern die tertiären Süßwasserschichten.

5. Das Tuff-Maar von Groß- und Klein-Engstingen. Das letztere ist bereits als der einzige Säuerling der Alb bekannt.

6. Das ehemalige Tuff-Maar bei der Teckburg.

Von Interesse ist hier die Lagerung. Es ragt hier ein Wulst empor, dessen Flanken rechts und links anstehender Weiß-Jura β bildet.

Man könnte an Auflagerung denken; er müßte also von einem benachbarten Maar, dem Randecker Maar, herrühren. Dessen Aschenauswurf fand aber zu mittelmiocäner Zeit statt; zu dieser Zeit war aber sicher δ und γ noch nicht abgetragen, denn noch heute sind beide Stufen vorhanden hart hinter dem Tuffe im Süden. Würde also der Tuff von einem Ausbruche des Randecker-Maares herrühren, so müßte er auf δ, nicht auf dem damals noch gar nicht frei gelegten β liegen. Wir können es also hier nicht mit Auflagerung, sondern nur mit Einlagerung des Tuffes zu thun haben, mit einem die Alb senkrecht durchsetzenden Tuffgang Der Kessel war einst eingesprengt in γ und δ, ist aber jetzt ganz abgetragen, und der tufferfüllte Ausbruchskanal ragt bereits als Erhöhung in die Luft.

7. Das Tuff-Maar von Randeck, die Perle der Alb, die uns über das Wesen der Maare schon soviel Aufschluß gegeben hat. Das Maar ist 60—80 m tief, in Weiß-Jura δ eingesenkt. Der Umriß ist kreisähnlich. Das Schicksal des Randecker-Maares wird das gleiche sein wie das der übrigen Maare der vulkanischen Gruppe von Urach, die Denudation hat ihre Wirkung bereits bedeutend geltend gemacht.

8. Die 3 oder 4 Tuff-Maare bezw. Maar-Tuffgänge an der Guttenberger Steige bei Schopfloch.

Indem der erste Tuffgang im Weiß-Jura α austritt, der 2. und 3. in β angeschnitten ist, der 4. aber in δ, ist uns hier Gelegenheit geboten, die in die Tiefe hinabsetzenden Kanäle durch alle Stufen des untern und mittlern Weiß-Jura zu verfolgen und so uns einen Einblick in das Innere der

tufferfüllten Kanäle zu verschaffen. Wie beim ehemaligen Tuff-Maar bei der Teckburg, so hat sich auch beim 4. Tuffgang an der Guttenberger Steige die Erosion geltend gemacht; der ursprüngliche Kessel lag nämlich höher, der jetzige ist nur der scheinbare. Hier finden wir auch eine Ausnahme von der Regel, daß Lagerungsstörungen nicht vorkommen. Die Schichten fallen nämlich gerade gegen den Maarkessel hinein unter einem Winkel von 10—35°. Die Lagerungsstörungen reichen aber nicht bis zum Rande des Maares bezw. Ganges; die Bruchlinie verläuft westlich in einiger Entfernung von dem Maarrande.

9. Der Maar-Tuffgang des Conrad-Felsens.

Die gewaltigen Tuffblöcke thun zuerst kund, daß der Tuff, ein von Natur ganz weiches Gestein, erst durch nachträgliche, allmähliche Cementierung jene Härte bekommen hat, die ihn widerstandsfähiger als Weiß-Jura macht.

10. Der Maar-Tuffgang des Jusiberges.

Der vorhandene geschichtete Tuff beweist, daß von der Tuffsäule noch nicht viel abgetragen sein kann; denn derselbe kommt nur im obersten Teil der Tuffsäule vor und bezeichnet den Boden des einstigen Maares. Da die geschichteten Tuffe im Uebergang des Weiß-Jura β und γ liegen, so muß der einstige Maarkessel in Weiß-Jura δ und ε eingesenkt gewesen sein. Den dreieckigen Querschnitt dieses Maares haben wir bereits früher besprochen

11. Der Maar-Tuffgang am Bürzlenberge bei Eningen.

Dieser Maar-Tuffgang ist bemerkenswert wegen des Reichtums an Auswürflingen, auf die wir bereits früher zu sprechen kamen.

12. Die 2 Maar-Tuffgänge des Aichelberges.

Wir stehen hier vor einem Zwillingsmaar, wie wir sie auch in der Eifel antreffen werden. Zwei dicht neben einander stehende senkrechte Tuffgänge, nur getrennt durch eine schmale Wand von Braun-Jura β.

13. Der Maar-Tuffgang des Hohenbohl.

Wir mußten diesen Tuffgang sowie den des Götzenbrühl bereits früher (p. 13) erwähnen, anläßlich der Behandlung der Contaktwirkung des Basaltes, die wir hier deutlich wahrnehmen können.

An Basalt-Maaren, also Maaren, deren Kanal nicht mit Tuff, sondern mit Basalt gefüllt ist, erwähnt Branco folgende:

1. Das Basalt-Maar des Eisenrüttel, S von Urach, die gewaltigste Basaltmasse des Uracher Gebietes.
2. Das Basalt-Maar des Sternberges, S von Urach.
Nördlinger erwähnt dessen kraterähnliches Aussehen und auch Quenstedt betont das Dasein eines Kraters. Doch es liegt nicht der Krater eines echten Vulkans vor, sondern lediglich ein Explosionskrater, ein Maar.
3. Das Basalt-Maar des Dintenbühl.
Auch hier haben wir ein Maar vor uns, von den andern Maaren der Alb nur dadurch unterschieden, daß der Kanal nicht mit Tuff, sondern mit Basalt gefüllt ist.

Gehen wir nun über auf das zweite Maargebiet Deutschlands, die Eifel. Die Eifel dehnt sich aus zwischen Mosel, Rhein und Roer. Sie ist ein wahrer Tummelplatz der vulkanischen Thätigkeit gewesen. Erforscht wurde die Eifel zuerst von dem Trierer Geologen Steininger, der sich anfangs nur Spott zuzog. Leop. v. Buch erkannte zuerst die hohe Bedeutung der Eifel. Er schrieb an Steininger [1]) „Die Eifel hat ihres Gleichen in der Welt nicht, sie wird auch ihrerseits . . . Führer und Lehrer werden, manche andere Gegend zu begreifen, und ihre Kenntnis kann gar nicht umgangen werden, wenn man eine klare Ansicht der vulkanischen Erscheinungen auf Continenten erhalten will". Den Bezirk zwischen Daun, Dockweiler, Hillesheim und Nerod bezeichnet Steininger [2]) als die eigentliche vulkanische Eifel. Das Gesamtareal der Eifelmaare hat Halbfaß auf 4 482 000 qm ausgemessen. Steininger gibt die Zahl der Eifelmaare auf 26 an; v. Dechen [3]) gibt über die Eifelmaare folgende Uebersicht: „Die ganz geschlossenen Maare mit vollständiger, an keiner Stelle durchbrochener Umwallung sind: 1. Das dürre Maar, 2. Das Pulvermaar bei Gillenfeld, 3. Das flache, längliche Maar SO vom Pulver-Maar. 4. Das Gemündener Maar. 5. Das Weinfelder-Maar bei Daun.

Die Maare, deren Umwallung nur durch ein Abflußthal durchbrochen ist: 1. Das kleine Maar südl. von Immerath,

[1]) Steininger J: Bemerkungen über die Eifel u. die Auvergne. Mainz 1824. p. 32.
[2]) Steininger: Die erloschenen Vulkane in der Eifel und am Niederrhein. Mainz 1820. p. 23.
[3]) v. Dechen: Geognost. Führer zur Vulkanreihe der Vorder-Eifel. Bonn 1861. p. 227.

2. Das Immerather Maar, 3. Das Maar, aus welchem der Diefenbach heraustritt, 4. Das Maar SO von Elscheid, 5. Das Maar von Oberwinkel, 6. Das Maar von Niederwinkel, 7. Der Mürmesweiher oberhalb Saxler, 8. Das Doppelmaar von Schalkenmehren, 9. Die Kratzheck SO von Mehren, 10. Das Maar zwischen dem Pfennigsberge und dem Hoh-List; von derselben Beschaffenheit sind die in der Hohen-Eifel gelegenen Maare: 11. Das Uelmer Maar, 12. Die Weiher- und Flurwiese, 13. Die beiden Maare von Boos.
Die Maare, welche einen Zufluß und einen Abfluß haben, wobei aber das Thal immer seitlich liegt: 1. Das Holzmaar, 2. Das Meerfelder Maar, 3. Der Dreiser Weiher, 4. Der Duppacher Weiher, 5. Das Moosbrucher Maar.
Maare mit nur teilweiser Umwallung: 1. Das Walsdorfer Maar, 2. Das Maar südlich von Auel und 3. Die zwei Maare zwischen dem Wahlhauser und Killenberg bei Steffeln.
v. Dechen gibt also die Zahl der Eifelmaare auf 27 an.
Halbfaß [1]) nennt an Maaren, welche heute noch mit Wasser gefüllt sind, folgende: „1. Der Laacher See, 2. Das Gemündener Maar, 3. Das Schalkenmehrener Maar, 4. Das Weinfelder Maar (die 3 letzteren liegen bei Daun), 5. Das Pulvermaar, 6. Das Holzmaar, 7. Das Meerfelder Maar, 8. Das Ulmener Maar, 9. Der Wanzenboden auf dem Mosenberge bei Manderscheid; dasselbe ist nur klein und in der Mitte z. T. schon durch Schilf zugewachsen".

Betrachten wir die einzelnen Maare soweit möglich etwas näher. [2])

Das Pulvermaar bildet eine überaus regelmäßige Vertiefung. Es ist eines der schönsten und regelmäßigsten Maare der Eifel mit einem ovalen, nahezu kreisrunden Wasserspiegel. Der letztere nimmt eine Fläche von 36 ha ein und liegt in 411 m Meereshöhe. Halbfaß ermittelte eine Maximaltiefe von 74 m und eine mittlere Tiefe von 37,6 m. Sein Volumen, 13 Mill. cbm, beträgt 10% des Gesamtvolumens aller Eifel-Maare. Das Maar hat weder Zu- noch Abfluß, so daß es sich durch Quellen füllen muß. Steininger vermutet, daß

---

[1]) Halbfaß W: Tiefen- u. Temperaturverhältnisse der Eifel-Maare. Petermanns geogr. Mittlg. 43. 1897. p. 149.

[2]) Wir haben uns bemüht, von den einzelnen Maaren, soweit es die zu Gebote stehende Litteratur gestattet, eine möglichst eingehende Schilderung zu geben.

auch die Quellen am Gillenfeld vom Pulvermaar gespeist werden. Der Krater zeigt steile, von Tuff bedeckte Abhänge, die jedoch gleichmäßig geneigt sind. Um das Maar zieht sich ein zusammenhängender Wall, bestehend aus Tuffschichten loser Asche und Sand, die vermengt sind mit Kegeln von Hornblende, Feldspat, Glimmerblättchen, Schiefer-, Schlacken- und Lavastücken.

Das Holzmaar ist ein Weiher im Walde mit einer kreisförmigen Wasserfläche. An der Südseite kommt ein breiter Abfluß heraus, der nach dem Sammelbache hinströmt. Das Holzmaar besitzt das geringste Volumen unter den Eifelmaaren. Es bildet den Uebergang zu den trichterförmigen Wannen. Der Mangel vulkanischer Asche läßt Steininger [1]) dessen vulkanische Entstehung als zweifelhaft erscheinen. Wie sich ein derartiges Vorkommen erklären läßt, haben wir bereits im ersten Teil unserer Arbeit dargethan. Im übrigen widerlegt v. Dechen (p. 60) Steininger, denn er sagt: „Der gegen innen gewendete Abhang ist mit Schlackenstückchen, Auswürflingen von Augit, Feldspat, mit Hornblende bedeckt, so daß an dem stattgefundenen vulkanischen Ausbruche gar nicht gezweifelt werden kann". Auf der Nord- und Ostseite steigt die Umwallung stark an. Westlich von dem Holzmaar liegt ein größeres und ein kleineres Torfmaar. Zwischen dem Holzmaar und dem größeren Torfmaar erhebt sich eine plateauförmige Anhöhe, gebildet aus vulkanisch ausgeworfenem, zertrümmertem Gesteine, schwarzen Sand- und Schlackenschichten, Augit und glasigen Feldspatkugeln. Steininger erwähnt in der Nähe des Holzmaares außer den beiden genannten Torfmaaren noch ein drittes Maar, das aber nach v. Dechen nicht aufgefunden werden konnte. Bei dem Dorfe Meerfelden westl. vom Mosenberge, am Fuße des Mäuseberges auf der Ostseite liegt das Meerfelder Maar. Es erfüllt nicht ganz die nördliche Hälfte eines großen, fast kreisrunden Kessels. Anläßlich der Behandlung dieses Maares spricht Stengel auch seine Ansicht über Maarbildung aus. Eigentliche Kratere sind es nach Stengel nicht, da die Auswürfe keine durch Hitze erlittene Alteration zeigen. Er fährt dann fort: [2]) „Berücksichtigt man aber, daß überall in geringer Entfernung

---

[1]) Steininger: Geognost. Beschreibg. d. Eifel. p. 124.

[2]) Nöggerath: Das Gebirge im Rheinland und Westfalen. Bonn 1822. Bd. I. p. 85.

von diesen Kesseln Basalt- oder Schlackenberge emporsteigen, wie bei Boos, Daun, Dockweiler u. s. w., so wird es wahrscheinlich, daß, als die basaltischen Bergmassen gehoben, die vielleicht unter dem Schiefer befindlichen Porphyren ihre Bildung verdanken, in ihrer Nähe leere Räume entstanden sein können und daß die obere Rinde durch nochmalige, plötzliche Gasentbindung gebrochen und hinabgesunken ist, während mit diesen Gasen noch in geringer Menge ein Auswurf von verhärteten Schlacken, basaltischen Brocken und Grus stattfand." [1]) Dem gegenüber soll auch die Aeußerung Steiningers [2]) angeführt sein; er sagt: „Wer je diese tiefe Bergrunde sah, konnte an ihrer vulkanischen Entstehung gar nicht zweifeln, ob es gleich durch sie allein nicht klar ist, daß man sie wie die übrigen Maare der Eifel als eine besondere Art von Vulkanen oder wenigstens von Krateren betrachten müsse, die vielleicht denen ähnlich sind, die man als bloße Luftvulkane auf Java kennt oder deren kleine Kratere daselbst mit Wasser gefüllt sind." Das Meerfelder Maar besitzt die geringste absolute und relative Tiefe, 17 bezw. 8,4 m; der Wasserspiegel liegt etwa 700 Fuß unter den höchsten Schlackenspitzen des Mosenberges. In den vulkanischen Sandschichten liegen Blöcke zertrümmerten Schiefergebirges, Olivin, Schlacken, Augit. Der äußerste zum Meerfelder Maare gehörige Tuff liegt bei Meisburg. Die relativ geringste Ausdehnung des Tuffes erklärt sich aus den bestehenden Niveauverhältnissen. Das Maar besitzt sowohl Zu- als Abfluß. Der Abfluß auf der Südostseite führt zum Meerbache. Durch einen schmalen Rücken ist es vom Schalkenmehrener Maar getrennt. Das Maar umgibt ein regelmäßiger zusammenhängender Wall. Die Steilheit der Abfälle begünstigt das Hervortreten des Devons. Vom Mosenberge senkt sich durch Bettenfeld eine Schlucht zum Meerfelder Maar; der südl. größere Teil der runden Thalfläche wird von Aeckern, der kleinere und tiefere von Wasser bedeckt.

Zwischen der Alf und der Lieser, SO. von der Kreisstadt Daun und NW. von Elscheid liegen die 3 Dauner Maare in geringer Entfernung von einander.

---

[1]) Also auch Stengel dachte bereits an ein nochmaliges, letztes Erwachen des Vulkanismus.

[2]) Steininger: Die erloschenen Vulkane in d. Eifel u. am Niederrhein. Mainz 1820. p. 38.

Das Schalkenmehrener Maar erreicht einen Durchmesser von 580 m und eine Tiefe von 22 m. Der Wasserspiegel ist nahezu kreisrund, auf der Südseite entströmt dem Maar ein breiter Abfluß in ein kleines, sich nach Osten gegen die Alf wendendes Thal. Im Osten schließt sich an dieses Thal eine höher gelegene Thalerweiterung. So haben wir hier „gleichsam ein Doppelmaar“ vor uns; die Wand, durch die sie ehedem getrennt wurden, ist in der Mitte geschwunden. Dechen spricht (p. 64) die Vermutung aus, es möchte wohl das östl. Maar mit seiner höheren Sohle das ältere sein; dessen größere Tiefe könnte durch den Ausbruch des westlichen wieder teilweise ausgefüllt worden sein.

Das 2. der Dauner Maare ist das Weinfelder Maar. Dasselbe ist, wie gesagt, vom Schalkenmehrener Maar nur durch einen schmalen Rücken getrennt. Dessen Durchmesser beträgt 360 m, die Tiefe 53 m. Der Nordrand des Weinfelder Maares erhebt sich 85 Fuß über dem Wasserspiegel. Das Maar ist also sehr tief eingesenkt und hat diese Eigenschaft mit den zwei andern Dauner Maaren gemein. Die inneren gleichmäßig steilen Abhänge und scharfen Kanten machen ganz den Eindruck, als danke das Maar seine Entstehung der neuesten Zeit. An Auswürflingen finden sich am Weinfelder Maar Stücke von granitischem Gestein sowie Gneis. Das Weinfelder Maar hat weder Ab- noch Zufluß. Als drittes reiht sich den beiden genannten an das Gemündener Maar. Es ist gelegen am Fuße des Mäuseberges an der Westseite. Follmann gibt dessen Durchmesser auf 325 m, dessen Tiefe auf 39 m an. Mächtige Tuffablagerungen umgeben dieses wie die beiden anderen Dauner Maare, und nur an einzelnen Stellen, am Rande derselben, treten die Devonschiefer hervor. Nordwestlich vom Ernstberge, westlich von Dreis und nördlich von Dockweiler ist der Dreiser Weiher gelegen, ein Maar, dessen Boden eingenommen wird von sumpfigen Wiesen und Torfmooren. Es stellt eine flache Kesselvertiefung in der Größe des Meerfelder Maares dar. Ausgezeichnet ist es durch zahlreiche Mineralquellen, von denen besonders 3 bemerkenswert sind. Bereits in der Ferne ist nämlich ihr Aufwallen hörbar, das veranlaßt wird durch Entwickelung von kohlensauren Gasen. Der Abfluß des Dreiser Weihers geht zum Feuerbach, der unterhalb Ahrdorf

in die Ahr mündet. Den Durchmesser des Maares gibt Dechen auf 270 Ruten[1]) an; es liegt in einer Meereshöhe von 1419 par. Fuß.[2]) Auf der Südost- u. Nordseite ist es von hohen Tuffbergen und vulkanischen Sandschichten umgeben, die auf der Grauwacke aufgelagert sind, die nur in der Tiefe hier und dort hervortritt. In diesem Sande finden sich Olivinkugeln von 25—30 Pfund. Die Westseite besteht ganz aus Devonschiefer.

Wie der Dreiser Weiher, so ist auch der Duppacher Weiher ausgetrocknet, und der Boden wird auch hier von Wiesenflächen und Torfmooren eingenommen. Das Maar stellt nur eine kreisförmige Erweiterung des Thales des Oosbaches auf dessen linker Seite dar. Die Umwallung, welche von außenher nach dem Rande nicht ansteigt, wird von vulkanischen Tuffen gebildet, die nur auf der Westseite auf kurze Strecke fehlen. Am breitesten ist diese Ablagerung auf der NW.-Seite, wo sie von dem alten Oosbach oberhalb des Maares durchschnitten wird.

Das Uelmener (auch Ulmener) Maar nennt Mitscherlich (p. 43) das schönste Beispiel eines Tuffkraters. Dechen (p. 189) gibt die Länge des Maares auf 180 Ruten, die Breite auf 136 R. an. Es ist 180—200 Fuß tief unter dem Rande eingesenkt. Die inneren Abhänge sind sehr steil und lassen infolge dessen die Devonschichten hervortreten. Dieser innere Abhang ist nur schwach mit Tuff bedeckt. Auswürflinge zeigen sich bis in eine Entfernung von 500—1200 Fuß. Ein Blick auf das Grundgebirge wird dadurch ermöglicht, daß die Auswurfsschichten durchschnitten werden von Wegen. Die Schichten sind keineswegs constant, „sie schwellen an, keilen sich aus", und manchmal schieben sich andere Schichten hinein. Die Bomben- und Schlackenstückchen zeigen sich mehr in den unteren als oberen Schichten; nach oben werden die Grauwackenstücke zahlreicher, die im Durchschnitt die Größe einer Faust besitzen, doch wurden

---

[1]) 1 Rute = 10 Fuß = 3,1385 m; gesetzl. Maß nur noch in Dänemark, Großbritanien u. Irld., in d. vereinigten Staaten v. Nord-Amerika.

[2]) 1 par. Fuß = 0, 32484 m = 12 Zoll zu 12 Linien also = 144 Linien.

auch Stücke bis zu 10 Pfund schwer gefunden. An manchen Stellen erreichen die Schichten eine Mächtigkeit von 60 Fuß, am Ausgehenden ist jedoch diese Mächtigkeit nur gering. Auf der Nordseite des Maares dehnt sich, getrennt durch einen schmalen Tuffrücken, ein großes flaches Kesselthal aus, das mit Wiesen und Torfmoor bedeckt ist.

In NNW.-Richtung vom Uelmener Maar liegt das Moosbrucher Maar, der Moosbrucher Weiher. Auf der Westseite entströmt ihm die Üs, die nach Süden fließt, die einzige Stelle, an der der Wall unterbrochen ist. Das Maar ist hoch gelegen, der Boden wird eingenommen von Wiesen und Torfmoor. Die Gestalt des Maares ist eine regelmäßige, ovale; den größeren Durchmesser gibt v. Dechen auf 240, den kleineren auf 190 Ruten an (p. 199 pp). Trotz der Höhe der Umwallung sind die Tuffablagerungen in der Nähe des Maares nicht bedeutend.

NW. von Boos liegen die zwei Maare von Boos, große, kesselförmige Vertiefungen, die ineinander ausbrechen. Zwischen beiden Maaren liegt ein künstlicher Teich. Sowohl nach Größe als nach Mächtigkeit der Ausbrüche, auf welche die Auswurfsmassen uns einen Schluß gestatten, zählen diese zwei Maare zu den ersten der Eifel. Das westliche Maar ist etwas größer. Die Umwallung, welche gebildet wird von hohen Tuff- Schlacken- und Sandanhäufungen, wird nur an einer Stelle unterbrochen, nämlich da, wo der Abfluß nach der Nitz herauskommt. Während wir auf der Höhe nur Tuff bemerken, zeigt sich am Fuße der Abhänge auch Devon.

Südlich von Walsdorf liegt ein großes ausgetrocknetes Maar. Dessen Boden ist bedeckt von einer Torfwiese und von Ackerland. Die runde Umwallung wird gebildet von Tuff, vulkanischem Sand und Basalt und wird durchbrochen von der Bache, dem Abfluß des Maares, der seinen Ursprung in der sumpfigen Wiese hat.

Auch östlich gegen Hillesheim nennt Steininger eine große, rundliche Vertiefung, umgeben von einem Tuffrande, dessen Schichten von der Vertiefung abfallen. Auch Olivinkugeln finden sich dort wie zu Daun und Dockweiler. „Die Analogie setzt die Vertiefung in die Reihe der übrigen Maare, unter denen sie zu den größten und wichtigsten gezählt werden muß.“

An der südlichen Seite des Kelberges, bei dem Dorfe Moosbrück, liegt der Moosbrücker Weiher. Er stellt eine große Vertiefung vor, umgeben von hohen Bergabhängen. Unter dem ausgeworfenen vulkanischen Sande finden sich namentlich zertrümmerte Schieferarten, teils große Blöcke. Nach der Westseite hin hat der Weiher einen Abfluß, der seinen Weg durch das Dorf nimmt.

In dem Mosenberge, dem imposantesten Vulkan der Vorder-Eifel, gelegen zwischen Bettenfeldt und Manderscheid, sind 4 ausgezeichnete Krater eingesenkt. Der kleinste derselben wird das Hinkelsmaar genannt. Dessen Wasserspiegel liegt in 462 m Meereshöhe. v. Dechen (p. 226) rechnet dieses Maar zu den Uebergängen von den Krateren zu den Maaren.

Südlich vom Hinkelsmaar liegt ein ebenfalls mit Wasser gefüllter Krater, der Wanzenborn (-boden). Der Boden wird von einem Torfmoor bedeckt, das eine Mächtigkeit von $7^1/_2$ m erreicht.

In der Nähe von Strohn liegt das dürre Maarchen auch Strohner Maar genannt. Wieder ist der ebene Boden von einem Torfmoor eingenommen. Die Umwallung, bestehend aus Schlackentuff mit Devonschichten, ist größtentheils niedrig, an manchen Stellen nur 20 Fuß hoch.

Vom großen Immerather Maar ist durch einen Rücken getrennt das durch seine regelmäßige Form ausgezeichnete Maar von Nieder-Winkel. Weniger regelmäßig ist das Maar von Oberwinkel, das einen engen Abfluß hat.

Westlich von Elscheid liegt der Mürmesweiher. In ihm wie in dem Maar der Kratzheck wird Torfstich betrieben.

Südlich der Hauptvulkanreihe erwähnt Follmann das durch seine regelmäßige, fast kreisrunde Form ausgezeichnete Maar von Eigelbach.

Nach der Behandlung der Eifelmaare, über deren Entstehung wir nicht im Zweifel sein können, wird es leichter sein, uns über den Laacher See Klarheit zu verschaffen.

Wie notwendig Klarheit über das Wesen der Maare ist zum richtigen Verständnis des Laacher Sees, erhellt auch aus den Worten des L. v. Buch: „Eine Gegend erläutert die andere. In jedem Teile der Welt wird man eine Art Erscheinungen vorzüglich vorherrschend finden; dort studiere

man sie und übertrage das gefundene Resultat dahin, wo diese Erscheinung gar wenig oder nur undeutlich hervortritt. Schlacken, Verglasungen, Sand und Maare beweisen wohl die Größe der vulkanischen Wirkungen nicht. Das alles sind Begebenheiten der Oberfläche. Was im Innern vorgeht, das erzählt des Laacher Sees Umgebung weit mehr. . . . Die Maare liegen einzeln. Der Laacher See dagegen ist ein Centrum, dem viele Diener und Trabanten unterstehen. Das unterscheidet sie sehr. Aber ohne die Maare würde man des Sees wahre Natur so deutlich nicht einsehen."

Ueber die Entstehung des Laacher Sees gehen die Ansichten der Geologen auseinander. Sehen die einen in ihm einen Krater, so glauben die andern, daß er nur eine infolge anderer Vorgänge entstandene Vertiefung erfülle. De Luc sieht in dem Laach einen ungeheuren versunkenen Vulkan, und diese Meinung ist in der Gegend von Laach die herrschende. V. d. Wick und v. Oynhausen hielten ihn für ein Thal, das durch die vulkanischen Massen abgedämmt sei. Man hielt ihn für das Resultat örtlicher Ablagerungen. Dieser Ansicht zufolge soll ein kreisförmiger Rand und innerhalb dessen eine Vertiefung entstanden sein; der kreisförmige Rand wäre gebildet durch die Dellen, den Krufter Ofen, Veitskopf u. a. Anhöhen. Wir hätten also nach v. d. Wick und Oynhausen im Laacher See eine intercolline Einsenkung zu erblicken. Auch Hartung[1]) sagt, die Ansicht, die Vertiefung des Laacher Sees könnte durch andere Ursachen erfolgt sein, man habe in ihm keinen Krater zu erblicken, habe manches für sich. Es könnte eine natürliche Einsenkung der Erdoberfläche seiner Ansicht zufolge ganz gut „von Feuerbergen wie der Veitskopf, der Krufter Ofen und von vulkanischen Erzeugnissen eingefaßt und abgeschlossen" worden sein. Diese Annahme, meint er, würde die Möglichkeit noch keineswegs ausschließen, „daß gleichzeitig explodierende Ausbrüche stattfinden konnten, welche dann natürlich ebenfalls bei der Entstehung der gegenwärtigen Oberflächengestaltung mitgewirkt haben müßten." Daß der Laacher See der Schauplatz solcher Katastrophen gewesen, hält Hartung für unzweifelhaft; das deuten ihm schon die steilen Abhänge auf der

---

[1]) Hartung: Die Azoren p. 312.

nördlichen und nordöstlichen Seite an, „die dort im Thonschiefer u. s. w. fortgesprengt sind.“

Was zunächst die Ansicht betrifft, man hätte im Laacher See einen versunkenen Vulkan zu erblicken, so weist Steininger darauf hin, daß damit demjenigen das Rätsel keineswegs gelöst sein könne, der die Maare und maarartigen Vertiefungen der Eifel kenne. „Der graue vulkanische Sand charakterisiert das Laach und seine Eruptionen wie die der Eifeler Maare vorzüglich“, sagt Steininger. Dieser graue Sand um den Laacher See muß aber von diesem selbst ausgeworfen worden sein. Wäre das nicht der Fall, so könnte er nur durch einen der benachbarten Vulkankegel zu Tage gefördert worden sein. Dann muß aber die örtliche Ablagerung eine andere sein. Der Sand muß sich rings um den betreffenden Kegel niederschlagen, wie wir wissen; er könnte sich also nicht rings um den Laacher See ausbreiten, manche Stelle, die von Sand bedeckt ist, müßte frei sein, und der See selbst wäre durch den Sand größtentheils ausgefüllt worden. Steininger kommt zu dem Schlusse: „Wer diese (die Maare der Eifel) mit ihren Auswürfen kennt, wird den Laacher See gewiß nicht verkennen; und da er sie häufig ohne vulkanische Kegel in der Nähe sieht, andere aber, wie das Meerfelder Maar, trifft, deren Auswürfe von denen der nahen Kegel noch strenge auf dem Felde gesondert erscheinen, wird er gewiß sein, daß das Laach bei der grauen Sandbedeckung, die sich um dasselbe verbreitet, vorzüglich thätig war, obgleich er nicht geneigt sein wird, zu leugnen, daß nicht auch die Schlackenkegel daneben einzelne minder bedeutende Auswürfe gehabt haben mögen.“ Nach Follmann unterscheidet sich der Laacher See von den Eifelmaaren nur durch seine Größe und die Mannigfaltigkeit seiner Umgebung.

Da wir den Laacher See unter die Maare einreihen müssen, kann er kein versunkener Vulkan mehr sein, es müßten denn die Maare als solche aufzufassen sein. Allein dem widerspricht schon die eine Thatsache, daß sich Maare auch oben auf dem Gipfel der Berge vorfinden wie im flachen Lande und in tiefen Gründen.

Wie wir schon mehrmals erwähnten, breiten sich die ausgeworfenen Massen rings um den Krater aus, aus dem

sie ausgestoßen wurden. Nun finden sich aber in der westlichen Umgebung von Laach keine Bimsteine. Wollten wir also bei der Ansicht verharren, daß wir im Laacher See einen eingesunkenen Vulkan vor uns haben, so wäre dieser Umstand nur so zu erklären, daß bei allen stattgefundenen Eruptionen Westwind geweht hätte, der die Bimsteine nach Osten trieb, was doch sehr unwahrscheinlich klingt.

Aus dem allen folgt, daß der Laacher See als großes Maar aufzufassen ist. Halbfaß hat auch am Laacher See, „dem weitaus größten Maar", seine Messungen angestellt. Er hat sein Areal auf 3 312 000 qm berechnet; er umfaßt also 74%, fast $^3/_4$ des Gesammtareals aller Eifel-Maare. Seine größte Tiefe beträgt 53 m und findet sich ziemlich genau in der Mitte. Die Böschung ist am steilsten in der Tiefenstufe von 10—20 m; sie ist dort 1355 ^{0}, $2^1/_2$ mal größer, als sie im Mittel ist. Im Gegensatze zu den übrigen Eifel-Maaren stellt der Laacher See, abgesehen vom Schalkenmehrener und Meerfelder Maar, eine relativ flache Wanne dar.

([1] Ein drittes ehemaliges Maargebiet in Deutschland besitzen wir vielleicht in dem centralen Teile der Rhön. Von diesen berichtet Bücking (Straßburg), daß er von hunderten mit Tuffbreccie gefüllten Kanälen durchbohrt sei, die viele Merkmale mit den Kanälen des Uracher Gebietes gemein haben. Wie diese ragen auch sie manchmal als Hügel über ihre Umgebung empor. „Die Entstehungsursache", sagt Branco, „kann doch gar keine andere sein als in Schwaben." Die durch Bücking von dem vulkanischen Gebiete der Rhön aufgenommenen Blätter zeigen auch die Unabhängigkeit mindestens vieler Durchbruchskanäle von Spaltenbildung.[2])

Nach den Angaben von Daubrée haben wir weiterhin dem inneren Wesen nach ein vollständiges Analogon der Uracher Gruppe im Puy-en-Velay. Hier wie dort mit Tuffbreccie gefüllte, in die Tiefe hinabsetzende Kanäle, welche infolge Verhärtung der Denudation widerstanden haben und nun als Hügel über die Umgebung hervorragen. Doch ob auch hier der obere Teil der Röhren leer geblieben, ist

---

[1]) Branco: Ueber die Entstehung der vulkan. Durchbohrungskanäle im Gebiete v. Urach. p 21.

[2]) Branco: Neue Beweise für die Unabhängigkeit der Vulkane von präexistierenden Spalten. (Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. 1898. 1. S. 175 ff.)

zweifelhaft, und dann spricht namentlich der Umstand grundsätzlich gegen die Annahme, daß wir es mit einem ehemaligen Maargebiete zu thun haben, daß im Velay der Tuff in Schlammströmen geflossen ist, während wir im Gebiete von Urach nur Trockentuff haben.

Ein Maargebiet unzweifelhafter Natur treffen wir wieder in der Auvergne. Rozet [1]) zählt 7 Maare auf. Im Granat eingesprengt ist der Gour-de-Tazena bei Manzat. Der sonst ganz geschlossene Wall des Gour-de-Tazena wird nur unterbrochen durch den Abfluß des Sees. Die Wände des Kraters werden gebildet von nackten, zackigen Granitfelsen, nur selten gewahrt man ein Schlackenstück; allein über den Granitwänden erhebt sich ein Abhang, welcher der eigentlichen Umwallung des Kraters angehört und vorwaltend aus Lapilli und Lavasand besteht; darunter kommen jedoch auch Schlackenstücke und Granitfragmente vor.

In Domit eingesprengt liegt ein Maar am Südfuße des Puy-de-Coquille. Dieses Maar zeigt keine Schlacken- und Aschenauswürflinge. Ein anderes Maar, la Narse d'Espinasse, in Basalt eingesprengt, liegt am Fuße des Puy de l'Enfer; der ebene, fast horizontale Boden des Kraters ist jetzt nur noch eine morastige Wiese. [2]) Ebenso in Basalt eingesprengt liegt der lac Pavin. Ein ovales Maar, mit Wasser gefüllt, befindet sich am Fuße des Mont-Cinère, westlich davon der kreisrunde lac Chauvet; dieser wie auch das oberhalb la Godivel gelegene Maar ist in Basalt eingesprengt. Abgesehen von dem Maar am Südfuße des Puy-de-Coquille sind die Maare in der Auvergne an den Rändern mit Schlacken- und Rapilli umgeben. Credner spricht (p. 145) von mehreren Maaren bei Wascharhely.

Wenden wir uns nun einem andern Schauplatz der vulkanischen Thätigkeit zu, nämlich Italien, und halten wir Umschau, ob sich vielleicht auch hier Maare finden. Steininger bemerkt, daß man in Italien mehr als 70 maarähnliche Kratere kenne. G. v. Rath vergleicht die Oberflächengestaltung der vejentischen Landschaft mit den Bildungen der

[1])Rozet: Mémoire sur les volcans de l'Auvergne. Mém. soc. géolog. France. Paris 1844. S. 11 ff.

[2]) Neues Jahrb. f. Mineralogie, Geol. u. Pal. 1869. p. 843. (Naumann K.: Ueber Maare und Explosionskratere der Auvergne. Mitlg. an Prof. G. Leonhard.)



Eifel und sagt darüber[1]): „Dort wie hier haben wir es mit einem Landstrich zu thun, in welchem die einzelnen vulkanischen Schlünde nicht eine sehr lange Dauer ihrer Thätigkeit bewahrten und sich nicht zu hohen Kegeln gestalteten; es bildeten sich in großer Zahl jene Maare, in denen man Anfänge der Vulkane erkennt. Es entstand aber kein dominierender Vulkan, der durch unzählbar sich wiederholende Lava- und Aschenerruptionen ein Gebirge um einen Centralschlund aufbaute." Eine vollkommene Klarheit über die vulkanischen Erscheinungen Mittel-Italiens zu bekommen ist schwer, denn bald werden die Vertiefungen als Maare, bald als Kraterseen aufgefaßt, die gar oft nicht leicht von einander zu unterscheiden sind. Wir werden die Kraterseen im dritten Teile unserer Untersuchung noch näher zu betrachten haben.

In Bezug auf die latinische Landschaft lesen wir bei Nissen (p. 260): „Zwar kommen ein paar vereinzelte Maare vor: der jetzt in den Anio abgeleitete lacus Gabinus, lago di Castiglione, eine flache Einsenkung von $1^1/_2$ km Durchmesser, der Lago di Guilianello am Fuße der Volskerberge u. a., doch sind diese Gebilde sehr untergeordneter Art; der latinische Vulkanismus erhielt seine eigentümliche Gestaltung im Albaner Gebirge."

Der Albaner Ringwall wird gebildet aus lockeren Tuffen und Aschen, die durch die Regengüsse abgewaschen werden. Die Beschaffenheit dieses Ringwalles stimmt also sehr wohl überein mit dem, was wir über die Maare gehört. Dennoch ist die Frage strittig, ob die Seen dieses Gebietes als Maar- oder Kraterseen aufzufassen seien. So kann nach Vogelsang der lacus Albanus und lacus Nemorensis nur durch Senkung entstanden sein: „Regelmäßig runde Trichter", sagt er (p. 69), „in Peperin eingesenkt ohne jede Spur von Auswürflingen in der Umgebung. Wie sollen solche Vorkommnisse anders als durch Einsenkung entstanden sein"? Die Einfassung des Albaner Sees besteht nun ganz aus Peperin, einer Breccie, „die Einschlüsse von schwarzer Lava und weißem Kalk in solcher Menge enthält, daß sie aus lauter Pfefferkörnern zusammengebacken scheint," daher der aus dem Altertum überlieferte Vulgärname lapis peperinus, bei den classischen

---

[1]) Nissen H.: Italienische Landeskunde. Berlin 1883. Bd. 1. p. 259.

Schriftstellern lapis Albanus genannt. Der Peperin erreicht eine Mächtigkeit von 2—300 m. Je weiter wir uns aber vom See entfernen, desto mehr nimmt diese Mächtigkeit ab und sinkt schließlich auf $1/2$—1 m. Wir müssen also doch daraus den Schluß ziehen, daß er nur aus dem Krater ausgeworfen sein kann. Wir haben also im lacus Albanus doch wohl ein Maar vor uns.

Nissen selbst hält den Unterschied zwischen Maar und Kratersee nicht fest. Er sagt (p. 261): „An der geöffneten Seite des äußeren Albaner Ringwalles liegen nach Südwest zusammengedrängt 4 eliptische Kraterseen," und nun nennt er den lacus Albanus, den lacus Nemorensis, den Kessel von Arriccia und das „ausgetrocknete Maar il Laghetto!" Dort Kratersee, hier Maar! Im lacus Albanus mußten wir bereits ein Maar erkennen. Offenbar verdanken alle diese Vorkommen, am Fuße des M. Cavo gelegen, mit derselben Umgebung, der nämlichen Ursache ihre Entstehung. Die Längsachse des Albaner Sees beträgt $3^1/_2$ km, die Querachse $2^1/_5$ km, die Tiefe 156 m.[1]) Die Ufer steigen jäh an unter Winkeln von 45 °. Der See von Nemi ist etwas kleiner, seine Tiefe giebt Nissen auf 100 m an. Zwischen den zwei genannten liegt der Kessel von Ariccia, weiter westlich das Maar il Laghetto, dessen Umrandung einen Durchmesser von $1^1/_3$ km hat. Als Maar bezeichnet Nissen (p. 271) noch den lacus Ampsanctus, Mefita bei Frigento, zwischen Vesuv und Vultur, der die stärksten Gasquellen in Italien besitzt.

Wie hinsichtlich des Albaner- und Nemi-Sees, so ist es auch hinsichtlich anderer Seen, wie des Braccianer-Sees strittig, ob sie Maarseen oder Einsturzkratere sind. Soviel steht jedoch fest, daß unsere epigonenhaften Erscheinungen auch in Italien vorkommen und vielleicht in größerer Anzahl, als man bisher glaubte.

Auch in Central-Amerika zwischen den Seen von Nicaragua und Managua findet sich eine Anzahl von Maaren, die namentlich ausgezeichnet sind durch die Größe und Tiefe ihrer Trichter und dadurch, daß auf ihrem Grunde heute noch manchmal Gasausbrüche stattfinden. Unter den Maarseen Central-Amerikas besitzt der von Apoya einen ovalen Umriß. Seine Länge beträgt etwa 2782 m, seine Breite 1392 bis

---

[1]) Nissen, p. 261.

1859 m. v. Seebach schätzt die Höhe seiner Ränder bis hinab auf den Wasserspiegel auf 150 m. Noch gewaltiger ist der Trichter des Sees Asosoca. Hier beträgt die Höhe der Ränder bis auf den Wasserspiegel 260 m, setzen sich aber im Wasser noch etwa 100—130 m fort, so daß die Tiefe des Trichters 360—390 m beträgt. Am Südabhange des Cotacachi (Ecuador!) erwähnt Stübel einen Maarkessel von großen Dimensionen. Er hat eine Länge von S nach N von 3,2 km und eine Breite von 2,3 km. Derselbe ist mit Wasser gefüllt.

Die gleichen Lagerungsverhältnisse wie die vulkanische Gruppe von Urach zeigen die Diatremata Südafrikas; in die Tiefe hinabsetzende, röhrenförmige, mit Tuffbreccien erfüllte Kanäle, welche die Karooformation durchsetzen, als wären sie mit gewaltigen Locheisen durchgestoßen. Die tuffige Füllmasse ragt in Gestalt von Hügeln einige Meter über die Umgebung empor; Trichter und Kessel sind also nicht mehr vorhanden, es dürften aber solche vorhanden gewesen sein, wenn es auch nicht ausgeschlossen ist, daß die Kanäle bis oben an den Rand gefüllt gewesen sein könnten. Die Aehnlichkeit mit der vulkanischen Gruppe von Urach ist so auffallend, daß es Branco wahrscheinlich dünkt, es möchten die Diatremata Südafrikas ihre Entstehung wohl derselben Ursache danken.

Daubrée wendet die Resultate seiner Versuche auch auf die Diatremata Südafrikas an. „Sie entstehen durch Gase, welche unter sehr starkem Drucke stehend, und mit sehr großer Geschwindigkeit begabt ihren Angriff auf einen einzigen Punkt, den des schwächsten Widerstandes, richten und senkrecht von oben nach unten wirken.“ Energischen Protest gegen Daubrées Anwendung seiner Versuche mit Explosionsgasen zur Erklärung der Bildung der Diatremata legte Chaper [1]) ein. Chaper hat die Schlote selbst untersucht und weist zunächst darauf hin, daß dieselben einem vulkanischen Gebiete nicht angehören. Schiefriges Gestein zeigt nur in unmittelbarer Nähe der Schlote Aufbiegung. Ausgeworfene Bruchstücke finden sich in weiterer Entfernung nicht, abgesehen von einem kleinen Hügel von geringer Steilheit. Nach

[1]) Chaper: Observationsà propos d'une note de M. Daubrée. Jahrb. f. Mineral., Geol. u. Pal. 1893. p. 82/83.

Chaper hat man es auch mit flüssigem Material zu thun. Der Nachweis sei bei Bultfontein geliefert worden, wo ein Schlot wiederholt mit diamantführender Serpentinmasse gefüllt gewesen sei; jeder Ausbruch habe eine dünne Lage hinterlassen. In auffallendem Gegensatze zu den Versuchen Daubrées steht sodann das häufige Vorkommen von großen Blöcken nebenstehenden Gesteines in den oberen Teufen des Schlotes, weiterhin die Schrumpfung der Füllmasse und ihr kalkiger Ueberzug. Die Tiefe bis auf den Granit wird auf 300 m geschätzt (80 Atmosphären), während eine Spannung von 1000 Atmosphären, wie bei den Versuchen Daubrées eine Tiefe von 5 km voraussetzen würde. Nach Chaper sind die 17 Diatremata mit ihren senkrechten Wänden zurückzuführen auf die Explosion von pseudovulkanischen Gasen, Kohlenwasserstoffgas und Schlammausbrüchen. Wenn die Ausführungen Chapers richtig sind, hätten wir dem inneren Wesen nach vielleicht ein Analogon zu den Vorkommen im Puy-en-Velay. Die Ansicht Brancos hinsichtlich der Diatremata haben wir oben angeführt.

Auch in Central-Schottland stoßen wir auf solche tufferfüllte Röhren rundlichen oder ovalen Querschnittes, die z. T. den Eindruck machen, als wären sie mit einem Locheisen durchgestoßen. Geikie nennt sie „Necks". Doch findet sich hier auch Tuff in Spalten und Ritzen hineingeblasen, und im Gegensatze zur Gruppe von Urach sind bei den Necks die durchbohrten Schichten im Umkreis stark abwärts gebogen; der Tuff ist massig, aber auch Spuren von Schichtung zeigen sich deutlich. Wo in die Tiefe hinabsetzende tufferfüllte Kanäle vorkommen, wie die Necks es sind, liegt wohl der Gedanke nahe, daß sie mit Maaren in Verbindung stehen könnten. Diese Wahrscheinlichkeit gewinnt noch durch die große Zahl von Stücken der durchbrochenen Schichten im Tuffe. Die Necks dürften mit einstigen Maaren, nicht mit fertig ausgebildeten Vulkanen in Verbindung zu bringen sein. Die Kanäle ruhen auch hier nicht auf Spalten, wie Geikie ausdrücklich bemerkt. Seinem Berichte gemäß findet man in Centralschottland nur ganz ausnahmsweise einen Schlot auf einer Spalte. Der 3 geogr. Meilen lange und $1^1/_5$ Meilen breite East of Fife-Districts weist nach Geikie nicht weniger als 50 solcher mit Tuffbreccie erfüllter Kanäle auf.

Auch in Vorder-Indien kommen Maare vor. So erwähnt Geikie hier ein Maar, Lonar Lake genannt, das ungefähr in der Mitte zwischen Bombay und Nágpúr gelegen ist.

Ebenso erwähnt Junghuhn [1]) auf Java ein Maar, **Kawah-Tjiwidai**, das uns schon über die Natur der Gase einigen Aufschluß gegeben hat, da solche an zahlreichen Stellen aus dem Schlamm hervorzischen, der den Boden bedeckt. Junghuhn spricht auch von Explosionskrateren auf Java, die das Entwickelungsstadium eines echten Maares nicht erreichen können, trotz ihrer fortwährenden Thätigkeit. Der Schmelzfluß steigt eben nicht empor im Kanale und kann infolgedessen nicht zu Asche zerstäubt werden. Dem inneren Wesen nach handelt es sich aber offenbar um dieselbe Erscheinung wie bei den Maaren. Wir können demnach 3 verschiedene Maar-Entwickelungsstadien unterscheiden:

1. Gas-Maare oder leere Maarkanäle, zu denen die eben erwähnten auf Java zählen.

2. Maare, deren Kanal mit zersprengtem Gestein und Asche (=Tuff) gefüllt ist.

3. Maare mit Basaltfüllung des Kanales. Der Schmelzfluß ist hier bereits bis an den Rand oder den Boden des Maarkessels bezw. Trichters gelangt und erfüllt nach der Erhärtung den Kanal als festes Gestein.

Von den Maarbildungen in Japan haben wir bereits gelegentlich gesprochen. (p. 21; 22).

Geikie beschreibt auf den Inseln Stromö und Skye Kraterschächte, die gleichfalls Maarschlote sein dürften.

Ob sich die Maare, die auf der ganzen Erde nur England und Nord-Amerika fehlen dürften, wohl auch auf dem Monde finden? Gebilde, die unseren irdischen Kratern gleichen, kommen auf dem Monde sehr zahlreich vor. Immer wieder treten uns auf demselben kreisförmige Vertiefungen entgegen, die nur manchmal geringe Abweichungen zeigen. In allen Größen gewahren wir dieselben. Diese, unsern irdischen Vulkankratern ähnlichen Gebilde hat man denn auch alle unter dem Namen Krater zusammengefaßt, obwohl sie nicht alle die Berechtigung zum Tragen dieses Namens haben.

---

[1]) Junghuhn: Java, Bd. II. p. 52 ff.

Es wären nach Neison[1]) folgende Classen: Die Mare, Palus, Lacus, dann die eigentlichen 9 Kraterformationen der: Wallebenen, Bergringe, Ringebenen, Kraterebenen, Krater, Kratererhebungen, Kraterhöhlungen, Kraterkegel und Vertiefungen. E. Sueß[2]) will den Namen Krater nur den Wallebenen, Bergringen, Ringebenen und Kraterebenen zugestehen. Während die irdischen Krater hoch oben auf den Spitzen vulkanischer Kegelberge eingesenkt sind, befindet sich der tiefste Punkt der Mondkratere tief unter der Mondoberfläche. Das Innere fällt steil zu einer bedeutend unter dem mittleren Niveau der Mondoberfläche liegenden Ebene ab, während im Centrum ein oder mehrere Bergmassen aufsteigen, deren Spitzen aber die Höhe der Wälle nicht erreichen. Diese Kraterkegel sind es, die den wahrhaft vulkanischen Charakter der erwähnten Mondgebilde zeigen. Diesen centralen Kegel finden wir auf dem Monde nicht nur bei den kleineren Kratern, die denen auf der Erde zu vergleichen sind, sondern bei allen Kratern, bis zu jenen von 123 km Durchmesser. Nun wissen wir, daß bei den Eruptionen irdischer Vulkane dem Wasserdampf eine bedeutende Rolle zukommt. Wir sehen aber auf dem Monde nicht nur kein Wasser, sondern auch keine Spur von Sedimenten, wie sie frühere Meere hinterlassen hätten und wie solche einen großen Teil der Erde bedecken. Nasmyth[3]) glaubt auch, daß expansive Dämpfe bereits emporgestiegen und entwichen sein müßten, ehe der Mond eine feste Kruste annahm. Er sucht deshalb die vulkanische Thätigkeit auf dem Monde durch die expansive Kraft der festwerdenden Materie zu erklären: Geschmolzene Materie vulkanischer Natur, so folgert er, dehnt ihre Masse beträchtlich aus, wenn sie auf dem Punkte ist, fest zu werden. Nun bildete sich eine feste Kruste, die einen geschmolzenen Kern umschloß; daß die Abkühlung des Mondes von außen nach innen erfolgte,

---

[1]) Neison Ed.: Der Mond u. die Beschaffenheit u. Gestaltung seiner Oberfläche. Deutsch herausgeg. v. H. J. Klein. Braunschweig 1878. p. 34.

[2]) Sueß E.: Einige Bemerkungen über den Mond. p. 44. Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften; math.-naturwiss. Classe. 104. B. Wien 1895.

[3]) Nasmyth J. u. Carpenter J.: Der Mond betrachtet als Planet, Welt u. Trabant. Deutsch herausgeg. v. H. J. Klein. Leipzig 1876. p. 84.

beweist die rauhe Oberfläche des Mondes. Wäre die Abkühlung in umgekehrter Reihenfolge vor sich gegangen, so müßte die Oberfläche glatt sein. Der Kern zerriß also, als er nahe daran war, fest zu werden, die ihn umgebende Kruste.

Nasmyth behauptet, daß etwa vorhandene Wasserdämpfe vor dem Festwerden entwichen sein müßten. Nun wurde aber beobachtet, daß das Absorptionsvermögen vieler im Schmelzflusse begriffener Metalle, z. B. des Glases, sehr groß ist, und so griff man auch für die irdischen Vulkane auf die Angelot'sche Theorie zurück, der zufolge die den Vulkanen entweichenden Dämpfe bereits von dem glühenden Erdkörper absorbiert wurden. Damit soll keineswegs in Abrede gestellt werden, daß die Explosionen auf der Erde nicht noch verstärkt werden durch Wasser, das von der Oberfläche zur Lava hinabdringt, wie schon früher erwähnt.

Wenn wir also dem Monde in den ersten Stadien seines Werdeganges Wasserdampf zugestehen, so kann dieser von der schmelzflüssigen Materie z. T. absorbiert worden sein, und wir haben ihn dann für die Erklärung jener Mondgebilde, deren Entstehung ohne dessen Mitwirkung kaum denkbar ist. Es sind das jene Ringformationen, die infolge ihrer ungeheuren Größe durch ejektive Thätigkeit nicht erklärt werden können, so daß an die Möglichkeit einer andern Ursache gedacht werden muß, die wir in der Annahme von Wasserdampf finden. Nach der Ansicht Neisons [1]) dürften die Wallebenen mit wahren Vulkanen keine Verwandtschaft haben und ebensowenig die Ringebenen, die mit jenen gleichen Ursprungs sein dürften. Wie könnten nun diese Ringformationen und vor allem die Mare, Palus und Lacus entstanden sein, wenn ejektive Thätigkeit sie nicht ins Leben gerufen hat? Hoocke [2]) vergleicht die Wallebenen mit geplatzten Blasen. Solch ungeheure vulkanische Kuppeln hätten sich also über Strecken gehalten von tausenden von qdkm bis sie platzten? Dann müßte der Boden auch mit Trümmern bedeckt sein, die vollständig fehlen, und es wären doch wohl auch solche Kuppeln stehen geblieben. Nasmyth glaubt, daß eine sehr concentrierte, sublunare Kraft, die empordrängte, wohl solche Kreisformen bewirken könnte, man brauche nur die Homo-

---

1) p. 37, 39.
2) Nasmyth p. 101.

genität der Mondkruste anzunehmen. Für die Entstehung einer solch localen tiefliegenden Kraft vermag Nasmyth einen Grund nicht anzugeben.

E. Sueß [1]) bezeichnet die großen Ringformationen als Aufschmelzungsherde. Sueß nimmt an, daß von unten zuströmende Wärme die Lithosphäre aufschmolz, die Oberfläche erreichte und daß die Schlacken nicht nur zurückgeschoben wurden, sondern in der Regel überflossen. Auf diese Weise läßt sich auch der Ring an der Grenze der kreisförmigen Störungen erklären, der für Nasmyth ein Rätsel bleibt. „Aus dem Innern aufsteigende elastische Gase werden auch hier den Vorgang verursacht haben,“ sagt Sueß (p. 42), „und ich sehe nicht, wie wir von irdischen Vorkommnissen ausgehend diesen Prozeß ohne die Anwesenheit von Wasserdampf verstehen könnten.“

Die Sueß'sche Theorie wird unterstützt durch die Beobachtungen, welche Dana in dem Krater Kilauea auf den Havaii-Inseln angestellt hat. In dessen runden Seen, sagt Dana, [2]) ist die kreisförmige oder wenig elliptische Form der Mondkrater außerordentlich vollkommen wiederholt.“ Im Kilauea ist infolge des äußerst hohen Flüssigkeitsgrades [3]) nur ein Brodeln, wie wir es uns, nach den angeführten Worten von Sueß, wohl auch auf dem Monde vorstellen müssen. Die Gase und Dämpfe entweichen in kleinen Blasen. Dieses Brodeln bringt keine Asche und keine Aschenkegel hervor. Die Grenzen werden einem solch brodelnden See durch den Mangel an Hitze nach den Rändern zu gezogen. „Die Größe der Mondkrater ist also nichts Unerklärbares,“ sagt Dana; „auch ist ihre Kreisform nicht schwer zu denken, denn ein kochender Pfuhl dehnt sich durch seine eigene Thätigkeit mit Notwendigkeit rund um seinen Mittelpunkt aus.“

Auf die angegebene Weise erfahren die großen Ringformationen auf dem Monde eine Erklärung, die auf eine analoge Erscheinung, welche sich auf der Erde findet, basiert ist. Im übrigen könnten wir nach Nasmyths und Stübels Behauptung von der expansiven Kraft vulkanischer Materien

---

[1]) Sueß: p. 42, 44.

[2]) American. Journal of Science. Second Series. Vol. II.

[3]) Marcuse [4]) erwähnt auf den hawaischen Inseln ein Aufschießen von mächtigen Fontänen.

[4]) Marcuse: Die hawaischen Inseln. Berlin 1894. p. 60.

vor dem Festwerden, daran denken, daß durch einen solch offenbar sehr kräftigen Vorgang jene von der glutflüssigen Materie aufgenommenen Dämpfe ausgelöst und so die vulkanischen Eruptionen durch eine Combination beider Kräfte erzeugt wurden. [1])

Abgesehen von jenen großen Ringformationen, die sich durch ejektive Thätigkeit nicht genügend erklären lassen, fehlen die charakteristischen Zeugen echter vulkanischer Thätigkeit, die Kraterkegel, auch noch andern Mondgebilden, die eigentlich erst für unsere Untersuchung in Betracht kommen können. Es sind das Gebilde kleineren Durchmessers und ohne Kraterkegel. Denn daß wir jene großen Ringformationen und die Krater mit Centralbergen nicht als Maare auffassen dürfen, ist klar. Branco zählt zu den Mondmaaren jene tassenförmigen Bildungen, die aussehen wie geplatzte Blasen. Auch Sueß [2]) erwähnt diese blasenförmigen Oeffnungen und führt als deren Typus den Ptolemäus-Krater an, „eine kreisrunde Oeffnung auf einer rings abfallenden kegelförmigen Höhe. Knapp nördlich davon sieht man eine tassenförmige Vertiefung der Lavafläche.“ „Das ist etwas ganz anderes als die bisher betrachteten Krater,“ sagt Sueß. „Nicht nur ist der Radius viel kleiner, die Kegelfläche ist anders gebaut, regelmäßiger als die Kraterwälle, die Kante der Oeffnung scheint scharf und ohne größere Scharten zu sein; einen Boden kann man nicht erkennen. Auf einem irdischen Schlackenfelde würde man sagen, es sei eine große Dampfblase hier aus der Lava entwichen, und die tassenförmigen Vertiefungen würden wir als Nachsackung bezeichnen.“ Manchmal bemerkt man 2 solche Oeffnungen dicht nebeneinander. Auch im Clavius kommt neben echten Kratern mit Centralbergen eine große Anzahl der erwähnten Oeffnungen vor, die auf eine Entstehung durch einmalige Explosion hindeuten. Nasmyth [3]) bemerkt, daß der Copernicus zahlreiche Beweise jeder Art vulkanischer Thätigkeit enthalte. Deren Durchmesser mag bis zu 15 oder 18 km

---

[1]) Wir hätten uns somit den Mondvulkanismus nicht wesentlich anders zu denken als den irdischen; beim ersteren käme dem Wasserdampf eine viel geringere Bedeutung zu als bei dem letzteren.

[2]) Sueß p. 45 f.

[3]) p. 67.

steigen. Bei Entstehung dieser Oeffnungen kam es nicht zur Bildung eines Kraterkegels. Die Ränder der Eruptions-öffnung wurden zertrümmert und weggeblasen, es entstand ein Trichter, und soweit die ausgeworfene Materie nicht wieder in den Trichter zurückfiel, bildete sie die ersten Anfänge eines kreisförmigen Berges. Ob die lunaren Kraterrillen, ähnlich der Laki-Spalte auf Island, Aufschüttungskegel oder nur Trichterbildungen, Durchbohrungs-Maare zeigen, wäre noch zu entscheiden. Im Gegensatze zu den irdischen Maaren hätten wir dann hier Maarbildung auf Spalten. Soviel dürfte wohl sicher sein, daß die Annahme von Maaren, auf dem Monde, wo wir Zeugen aller Phasen vulkanischer Thätigkeit kennen gelernt haben, berechtigt ist. Auch Meyer [1]) gibt, namentlich mit Rücksicht auf die Versuche von Ebert, die durch die Erscheinungen im Yellowstonepark bestätigt werden, zu, daß viele kreisförmige Gebilde auf der Mondoberfläche vulkanischen Ursprungs sind, doch die Gebilde von der Ausdehnug der Maarebenen erklärt er durch den Aufsturz kugelförmiger Massen bei der Vereinigung der letzten größten Massen eines planetenbildenden Ringes als die Körper schon mit einer festen Kruste versehen waren. Dafür sprechen ihm die Strahlensysteme.

III. Teil.

Maarähnliche Bildungen.

Zur Vervollständigung unserer Untersuchung müssen wir auch einen flüchtigen Blick auf die maarähnlichen Gebilde werfen. Wir beginnen hier mit den Kraterseen, jenen vulkanischen Gebilden, die nicht immer gehörig von den Maaren unterschieden wurden, wie wir schon früher bemerkten. Sofern ein Explosionskrater mit Wasser gefüllt ist, können wir ihn ja schließlich als Kratersee bezeichnen, der äußeren Erscheinung nach ließe sich eine solche Vermengung der Begriffe vielleicht erklären, aber dem inneren Wesen nach ist der Unterschied, ob sich Wasser in einem Explosions- oder Eruptionskrater vorfindet so groß, daß wir beide unbedingt

---

[1]) Meyer W.: Das Weltgebäude. Leipzig u. Wien 1898. p. 98; 655.

auseinander halten müssen. Das trennende Moment liegt darin, daß bei den Maarseen das Wasser noch den ursprünglichen durch die letzte Kraft des Vulkanismus gebildeten Krater füllt, während das bei den Kraterseen nicht mehr der Fall ist. Hier sind die Spuren des ursprünglichen Kraters verwischt, zugedeckt, es hat sich über dem ersten Krater ein Erhebungskegel aufgebaut, und in dessen Spitze ist in Laven und Schlackenmassen der Eruptionskrater eingesenkt. Ein solcher Krater kann sich mit Wasser füllen, wenn der in die Tiefe hinabsetzende Schlund verstopft ist, etwa durch Einsturz der Seitenwände, und das unterirdische Feuer zu schwach ist, um sich durch diese Massen den Weg an die Oberfläche zu bahnen.

Montlosier war es, der die Maare als cratères lacs bezeichnete. Was er in Bezug auf seine cratères lacs sagt, das paßt auf unsere Maare, nicht aber auf unsere Kraterseen, nicht auf die Gebilde, welche wir als Kraterseen bezeichnen möchten. Die Becken für unsere Kraterseen bilden Montlosiers cratères secs. Das Unzutreffende an der Bezeichnung der Maare als cratères lacs spricht bereits Al. v. Humboldt[1]) aus, wenn er sagt: „Wenn einzelne nicht sehr hoch liegende Maare in der Eifel, in der Auvergne oder auf Java mit Wasser gefüllt sind, so mögen in diesem Zustande solche ehemalige Explosionskratere mit dem Namen cratères lacs belegt werden, aber als eine synonyme Benennung für Maar sollte das Wort, glaube ich, im allgemeinen nicht genommen werden, da auf den Gipfeln der höchsten Vulkane, auf wahren Erhebungskegeln in erloschenen Krateren, z. B. auf dem mexikanischen Vulkan von Toluca in 11 490 Fuß und auf dem kaukasischen Elbrus in 18 500 Fuß Höhe, kleine Seen von mir und Abich gefunden wurden." Mit vollem Rechte läßt Al. v. Humboldt die beiden Begriffe Maar und cratère lac nicht als synonym gelten, wenn wir auch den hauptsächlich dafür geltend gemachten Grund, die Höhenlage, nicht für stichhaltig erachten möchten. Wir wissen ja, daß Maare, namentlich parasitäre Maare in den verschiedensten Höhenlagen vorkommen können. Als trennendes Hauptmoment erscheint uns, wie schon gesagt, der im eigentlichen Maar vorliegende Erstlingskrater. Der Maarkrater ist im

---

[1]) Al. v. Humboldt: Kosmos, Bd. IV. p. 275.

Gegensatz zu dem echten Vulkankrater das Werk der absterbenden vulkanischen Kraft localer peripherischer Herde. Dann aber verlangt der Begriff See doch auch notwendig ein mit Wasser gefülltes Becken. Bei den Maaren ist jedoch das Wasser im Kessel bezw. Trichter etwas ganz Nebensächliches, ist der Kessel oder Trichter überhaupt nicht wesentlich, sondern das Hauptmoment liegt in ihrer zu den echten Kratern gegensätzlichen Entstehung. Selbst wo sich Wasser dauernd in den Maarkesseln vorfindet, ist es andern Ursprunges als das der Kraterseen. Während wir bereits früher hörten, daß z. B. den Eifel-Maaren durch die Tiefe ihrer Kessel die unterirdischen Quellen erschlossen werden, die sich mit Wasser füllen, erzählt uns Junghuhn, [1]) daß die Kraterseen auf Java nur atmosphärisches Wasser enthalten. Eine Vermengung der Begriffe „Maar und Kratersee" konnte nur dem Umstande entspringen, daß es an einer genaueren Definition des Maarbegriffes fehlte, daß man infolgedessen auf Aeußerlichkeiten wie auf den Kessel und das darin vorgefundene Wasser das Hauptgewicht legte. So sagt v. Dechen (p. 236): „Die Kratere gehen durch diese Umgebung ganz in die sog. Maare über, von denen einige, deren Boden noch mit Wasser gefüllt ist, mit dem Namen Kraterseen bezeichnet worden sind."

Auf Java kennt man 18 Kraterseen, von denen 11 sich in noch thätigen Krateren, 7 in erloschenen Krateren befinden. Die Seen in den noch thätigen Krateren enthalten saures Wasser, da beständig schwefelsaure Dämpfe oder Schwefelwasserstoffgas emporsteigt, das Wasser der 7 anderen ist hell und trinkbar. Der Umstand, daß das Wasser in den thätigen Krateren sauer, dagegen das in den ausgebrannten trinkbar ist, beweist aufs deutlichste, daß es atmosphärisches Wasser ist, in welchem eben bei 11 noch thätigen Krateren die schweflige Säure aufgelöst wird, die in gasförmigem Zustande aus dem Boden der Seen aufsteigt.

Die Berge, auf denen die 11 sauren Seen liegen, sind: [2]) 1) Gunung-Tankuban prau, 2) G.-Patua, 3) und 4) G.-Gelunggung, 5) Telaga-Bodas, 6) 7) 8) Telaga-Leri, Werno

---

[1]) Junghuhn Franz: Java, seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart; ins Deutsche übersetzt v. J. K. Haßkarl. Leipzig 1854. p. 133.

[2]) Junghuhn: p. 134.

und Trus im Gebirge Diëng, 9) G.-Kelut, 10) G.-Raon, 11) G.-Idjen.

Die 7 mit klarem, reinem Wasser sind: 1) Telaga-Dringu, 2) T.-Werdoto, 3) T.-Balé Kambang, 4) T.-Pengilong, 5) T.-Tjebang, 6) T.-Menjer, 7) T.-Ngebèl.

Die Kraterseen Javas gehören der dichtesten Wolkenregion zwischen 1500—2000 m an, wo sich also viele Niederschläge bilden. Das Wasser fließt dann durch oberflächliche oder unterirdische Kanäle dem tiefsten Grunde des Berggipfels zu.

Eine Folge der in den Kratern liegenden Seen sind die Schlammausbrüche. Solche Schlammausbrüche haben nämlich auf Java nur aus den Vulkanen stattgefunden, in deren Kratern Seen liegen, und zwar steht die Menge des Wassers und Schlammes immer im Verhältnis zur Größe der Kraterseen. Solche Erscheinungen sind aber jedenfalls nicht Java allein eigen, sondern müssen auch in anderen tropischen und subtropischen klimaverwandten Ländern vorkommen, deren vulkanische Becken dieser Luftregion angehören. Der Glutstrom, der sich am 5. Mai 1902 vom Mt. Pelée auf Martinique in der Barranca der Riviere Blanche rasend schnell thalabwärts wälzte, war lediglich Lavastrom, nicht Schlamm- und Lavastrom, wie Deckert [1]) meint. Er ergoß sich aus dem in der Souffrière-Gegend neu gebildeten Krater, nicht aus dem vom Wasser eingenommenen alten, dem Lac des Palmistes, den Gerland [2]) im Gegensatz zu Deckert nicht als Kratersee, sondern als das Werk reichlicher Niederschläge erklärt, was seine geringe Tiefe von 2 m und seine morastige Umgebung beweise.

Die sauren, alaunhaltigen Seen wären mit den Mineralquellen zu vergleichen. Während sich bei letzteren der chemische Prozeß unterirdisch abwickelt, geht er bei jenen an der Oberfläche von statten infolge der Berührung von Wasser mit Schwefeldämpfen und schweflig-sauren Dämpfen. Die aus-

---

[1]) Deckert E.: Die westindische Vulkankatastrophe und ihre Schauplätze. Zeitschrift d. Gesellschaft f. Erdkunde. Berlin 1902. Heft V. p. 424; 426.

[2]) Gerland: Der Ausbruch der Montagne Pelée auf Martinique. p. 42 6/27.

strömenden Dämpfe bestehen nach Meyer [3]) aus Schwefeldampf gemischt mit Wasserdampf.

Dem Aussehen nach unterscheiden sich die süßen Seen von den sauren, alaunhaltigen gar nicht. Der Unterschied ist nur der, daß letztere in noch thätigen Kratern, die ersteren in ganz ausgebrannten Kratern liegen.

Es ist keineswegs immer leicht, ein Maar und einen Kratersee von einander zu unterscheiden, besonders ein parasitisches Maar von einem Eruptionskrater zu trennen. Diese Schwierigkeit zeigt sich besonders im Gebiete von Mittel-Italien, wo es in zahlreichen Fällen bisher streitig war, ob ein Maar oder ein Kratersee vorliege. Nachdem wir uns über die Definition der beiden Begriffe klar geworden, dürfte eine Einreihung der in Frage kommenden Erscheinungen erleichtert sein. An maarartigen Vertiefungen, die mit Wasser gefüllt sind, ist Italien reich.

[2]) In der Volsinischen Landschaft schließt sich an die von der via Ciminia durchschnittene Paßhöhe von 868 m ein mächtiger Krater von 1 d. M. Durchmesser, dessen Boden vom lacus Ciminius, Lago di Vico, eingenommen wird. Dadurch, daß der Abfluß künstlich tiefer gelegt wurde, verkleinerte sich der See; während er früher 17 qkm. einnahm, bedeckt er jetzt noch eine Fläche von 12 qkm. In dessen Mitte erhebt sich der Centralkegel M. Venere, 873 m hoch.

Der lacus Volsiniensis wurde früher auch als ein mächtiger Krater gedeutet, der an Größe alle bekannten Feuerschlünde 3 mal übertreffen würde; man ist aber in neuerer Zeit von jener Auffassung abgekommen und erkennt in ihm eine vulkanische Senkung.

Auch die Entstehung des lacus Sabatinus, Lago di Bracciono, glaubt G. v. Rath einer vulkanischen Senkung zuschreiben zu müssen. Der Durchmesser beträgt 8 km, der Flächeninhalt 1 d. Quadratmeile, die Tiefe 250 m.

Der Gipfel des aus dem Thale Valdi Molara — in der latinischen Landschaft — aufsteigenden Centralkegels trägt einen Krater, Campo d' Annibale genannt, der früher auch als Seebecken gedient haben muß, wie die Süßwasserschichten beweisen.

---

[3]) Junghuhn: p. 905/6.

[2]) Nissen: Italische Landeskunde, Bd. I. S. 253 ff Berlin 1883.

Sehr oft begegnen wir bei den Kraterseen der Erscheinung, daß sich mittendrinn ein zweiter Ausbruchskegel mit einem zweiten Krater erhebt. Wie die vulkanischen Eruptionen zeigen, werden die Massen pinienartig in die Höhe geworfen, breiten sich also nach oben aus und schlagen sich dann weit entfernt von der Auswurfsöffnung nieder; es entsteht so ein weiter Krater: nicht die ganze Auswurfsmasse gelangt aber in gleiche Höhe, z. T. fällt sie eher nieder, hat sich also in der Höhe noch nicht so sehr verbreitet, sie schlägt sich der Auswurfsöffnung näher nieder; es entsteht inmitten des großen Kraters ein kleiner Kegel mit einem kleinen Krater. Wir können bei dem Aufbau dieser Kegel aber auch an eine neuerwachte vulkanische Thätigkeit denken. Vorfinden dürften sich Kraterseen wohl in allen vulkanischen Gebieten, in denen echte Vulkane und somit echte Eruptionskratere vorkommen.

Die Größe und Tiefe der Kraterseen ist sehr verschieden. Die größten Kratere haben einen Durchmesser von etwa 23 km. So beträgt der Durchmesser des Kratersees Bombon auf der Insel Luzon 24 und 21 km, der des Kratersees Bolsena in Italien 16,5 und 13,5 km. In Oregon hat man in einem Kratersee eine Tiefe von 900 m ermittelt.

Neben den Kraterseen treten uns unter den maarähnlichen Gebilden die Caldeiras entgegen, länglich runde, schüsselförmige Vertiefungen mit hohen, steilen, von den Atmosphärilien abgenagten Wänden, vielfach dem Zugang durch ein radiales Thal erschlossen. Hartung[1]) sagt darüber: „Im allgemeinen machen die Caldeiras der Azoren denselben Eindruck, wie die Maare der Eifel, welche Höhlungen darstellen, die aus dem älteren Gebirge ausgeblasen wurden, während sich um dieselben ein Wall anhäufte, in welchem die Bruchstücke der durchbrochenen und fortgesprengten Felsarten mit vulkanischen Massen untermischt anstehen.“

Zuerst stellte Humboldt die Caldeiras mit den deutschen Maaren in Parallele, wie er auch der erste war, der die letzteren mit den Minentrichtern verglich.

---

[1]) Hartung Gg.: Die Azoren in ihrer äußeren Erscheinung u. nach ihrer geognost. Natur. Leipzig 1860. p. 312.

[1]) L. v. Buch erklärte die Caldeiras als Erhebungskrater; er war es, der das Wort „Erhebungskrater" prägte am 28. Mai 1818 und es erklärte an dem Beispiele der Insel Palma: „Dieser Krater (die Caldeira v. Palma) wäre dann eine Wirkung der Erhebung der Insel, und deswegen nenne ich ihn den Erhebungskrater, um ihn nie mit Ausbruchs-Eruptionskratern zu verwechseln, durch welche wahre Vulkane mit der Atmospäre in Verbindung stehen." Und an einer anderen Stelle (p. 295) sagt er: „Was ist die Caldeira anderes als die gewaltige Esse, der Erhebungskrater, durch welche das entwichen ist, was die ganze Insel aus dem Grunde der See über die Oberfläche erhoben hat! deswegen neigen sich die Schichten wie der äußere Abhang selbst nach oben stärker als unten, und die Oberfläche des neu erhobenen Kegels muß nun am Umfang in unzählige Spalten oder Barrancos aufspringen, weil sie sich über einen viel größeren Raum verbreitet, als vorher auf dem Boden des Meeres. Vom Kegel entfernt sind solche Spalten nur selten, weil die Ursache des Aufbrechens fehlt." . . L. v. Buch ist jedoch bereits mit dem fertigen Gedanken der Erhebungskrater auf die canarischen Inseln gekommen und war infolgedessen kein ganz unbefangener Beobachter. Bereits in den Briefen aus Auvergne findet sich der Gedanke von den Erhebungkratern ausgesprochen. Vom Sarcouy sagt er: [2]) „Er sieht völlig einer Blase auf einer viscösen Flüssigkeit gleich; aber sollte es denn auch so ungereimt sein, ihn wirklich für eine Blase zu halten? Deutet nicht seine Form, deutet nicht die Richtung seiner Schichtung darauf hin?" „Was hindert uns," schreibt er in einem Briefe, „die ganze Masse des Mont Dore durch eben diese Veränderungsursache in die Höhe gehoben zu denken und daher die Neigung der Schichten vom Mittelpunkt der Erhebung zu leiten?"

Mittlerweile hat sich der Stand unseres Wissens geändert. Es waren namentlich Lyell, Wilh. Reiß und Gg. Hartung, welche die Erhebungstheorie zu Fall brachten. Sir Charles Lyell sagt im Principles of Geologie: „Wir sind berechtigt, augenscheinliche Beweise dafür zu verlangen,

---

[1]) L. v. Buch: Physikal. Beschreibg. der canar. Inseln; Berlin 1825.

[2]) Vogelsang p 1.

daß bekannte und gewöhnliche Ursachen zur Hervorbringung der beobachteten Erscheinungen unzulänglich sind. Hätten L. v. Buch und Al. v. Humboldt auf ihren großen Reisen einen einzigen Kegel gefunden, der bloß aus Meeres- oder Süßwasserschichten bestände, ohne mit irgend einem Bruchstück feuriger Felsarten vermischt zu sein, mit einer tiefen Einsenkung in der Mitte, von steilen Abhängen umgeben, so würden wir genöthigt sein, zu glauben, daß der Kegel und die kraterartige Bildung keinen Zusammenhang habe mit den gewöhnlichen vulkanischen Ausbrüchen. Auf der ganzen Erdoberfläche kann aber kein Beispiel der Art nachgewiesen werden." Auf diesem Grundgedanken weiter bauend ist die neuere Wissenschaft zu der Ansicht gekommen, daß man in den Caldeiras die von den Atmospärilien verschonten Reste alter Krater zu erblicken habe, in deren Centrum eine neuerwachte Thätigkeit die kleineren Kegel aufbaute. Tritt weitere vulkanische Thätigkeit nicht ein, so vermissen wir den Centralkegel und den Wall. Eine immer mehr und mehr abgenagte Rinde der ursprünglichen Kraterwände, umschließt ein kreisrundes Thal, welches oft durch ein tief in den Wall eingerissenes radiales Thal dem Zugang geöffnet ist, wie auf Madeira in ausgezeichneter Weise.

Seine Erhebungstheorie erklärte L. v. Buch, wie wir sahen, an der typischen Caldeira von Palma. Aber an eben dieser haben auch Wilh. Reiß [1]) nnd Gg. Hartung [2]) die Hinfälligkeit jener Theorie in überzeugender Weise dargethan. Nach der Ansicht von Reiß genügte die sanfte Neigung des Plateaus nach Südwest, vielleicht verbunden mit einer flachen Einsenkung in der Mitte des Hochlandes, um den Lauf des Meteorwassers zu bestimmen. Wahrscheinlich hatten ehedem zwei Bäche, die Agua buena und die Agua mala hier ihren Ursprung, der eine gegen Südwest, der andere gegen Süden fließend. Diese beiden Bäche stürzten über die steilen Abhänge und Klippen hinab in die See. Allmählich rückte der Fall immer weiter binnenwärts, wodurch eine tiefe, enge

---

[1]) Reiß W.: Dia Diabas- u. Lavenformation der Insel Palma. Wiesbaden 1861. p. 54 ff.

[2]) Hartung Gg: Betrachtungen über Erhebungskrater. Leipzig 1862.

Siehe auch: Neumayer: Erdgeschichte, Bd. I p. 167 ff. Leipzig u. Wien 1895.

Schlucht entstand, deren Bildung noch begünstigt wurde durch die Wechsellagerung von harter Lava und weichem Tuffe. Demnach begann also die Bildung der Schlucht da, wo die Bäche in die See stürzen. Es läßt sich aber auch denken, daß der Anfang mehr nach der Quelle der Bäche zu zu suchen ist. Auf die geschilderte Weise begann die Bildung des Barrancos de las Angustias, auf diese Weise scheinen sich überhaupt die meisten Thäler der atlantischen Inseln gebildet zu haben. Eigentümlich ist es, daß die Insel Palma im Gegensatze zu den anderen Inseln nur ein, einziges großes Kesselthal aufweist. Doch am Abhange des Caldeira-Domes finden wir allerwärts Anzeichen neuerer Ausbrüche, welche die Wirkungen der Erosion wieder verwischt haben. Nur auf der Südwestseite zeigen sich keine Spuren der erwähnten Erosionshindernisse; war aber nur erst der Anfang gemacht, hatte sich die Erosion einen festen Angriffspunkt geschaffen, dann mußte sich die Caldeira unverhältnismäßig rascher vertiefen als die anderen Thäler, zumal in der Caldeira selbst im heißesten Sommer das Wasser nicht versiegt und im Winter in Strömen hinabfließt. Bedenklich ist nur, woher auf einer kleinen Insel und noch kleineren Erhebung das viele Wasser, um eine 1500 m tiefe Einsenkung zu erodieren.

Aehnliche Oberflächenverhältnisse wie auf Palma finden wir nach Darwins Schilderungen auch auf den Sandsteinbergen Australiens: Ein sanft abgedachtes Hochland, begrenzt von einer steilen Böschung; weite, tiefe Thalkessel münden durch enge Schlünde nach dem Nepeau-Flusse auf dem tieferen Sandsteinküstenstriche aus. Diese Thäler, die auf den blauen Bergen vorkommen, sind (nach Darwin) bei großartigen Raumverhältnissen von erhabenen fortlaufenden Einstürzen eingefaßt. „Der erste Eindruck", sagt Darwin, „den diese Thäler nach amphitheatralischen Vertiefungen bei der Uebereinstimmung der beiderseitigen, wagrechten Schichten hervorbringen, ist der, daß sie gleich anderen Thälern durch die Fallthätigkeit des Wassers ausgehöhlt sein müßten."

Grundbedingung für die Entstehung der Caldeiras ist eine steile Böschung, und insofern die vulkanischen Einwirkungen die ersten Bedingungen schaffen, die für die Ausbildung notwendig sind, sind die Caldeiras auch vorzüglich den vulkanischen Gebieten eigentümlich. Eruption und Erosion gehen

bei Schaffung der Caldeiras Hand in Hand. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß jeder vulkanische Berg diese Bedingungen darbiete. Gerade der Umstand, daß die für die Bildung der Caldeiras notwendigen Verhältnisse selten zusammentreffen, macht die Caldeiras selbst zu Ausnahmen bei den vulkanischen Bergen.

Die Barrancos, die tiefen Schluchten tragen von ihrem Ursprung bis zur Mündung das Gepräge der Erosion. Eine in vulkanischem, erstarrtem Gesteine aufgerissene Spalte müßte sich nach unten keilförmig zuspitzen, sofern sie nicht unten verschüttet ist. Doch weder die Barrancos auf Palma noch die auf den anderen Inseln zeigen derartige Spuren; die steilen Wände sowie die nur ganz wenig von Detritus bedeckten Thalsohlen kennzeichnet sie als Tröge, die durch Erosion entstanden, als Wasserfurchen. Wären die Barrancos infolge von Hebung aufgesprungene Spalten, so müßten sie sich offenbar nach der Mündung zu verengen und an ihrem Anfang am weitesten sein. Gegen die Erhebungstheorie spricht namentlich auch der Umstand, daß sich nirgends Spuren von Einberstungen und Einstürzen zeigen. Die Schichten, die zwar an den Wänden und auf dem Grunde von Erosionsschluchten durchbrochen sind, befinden sich ganz in ihrer ursprünglichen Lage. „Müssen wir die Barrancos", sagt Hartung[1]) „an den steilen Außengehängen des Domgebirges als Durchfurchungen betrachten, die im Laufe der Zeit durch die Fallthätigkeit des Wassers entstanden, dann ergibt sich die Bildung der Caldeiras als eine notwendige Folge derselben Ursachen, die unter den obwaltenden Verhältnissen in anderer Weise und in verstärktem Maße einwirkten."

Gestützt wurde die Theorie von den Erhebungskratern namentlich durch die starke Neigung der zusammensetzenden Lavabänke. Sie fallen auch unter ganz verschiedenen Neigungswinkeln ein. Doch diese Thatsache spricht gerade gegen Hebung und beweist nur, daß Lavaströme über verschieden geneigte Oberflächen flossen und hier erkalteten. Vorgänge aus historischer Zeit beweisen, daß Lava unter einem Neigungs-

[1]) Hartung: Ueber Erhebungskrater. p. 27.

winkel von 20° zu steinigen Lavabänken erkaltet.[1]) Lyell bestätigt in seiner Arbeit über den Etna an zahlreichen historisch nachgewiesenen Strömen die Thatsache, „daß Laven in zusammenhängenden steinigen Bänken an Abhängen erstarren, die selbst steiler sind als diejenigen, an welchen lose Aschen und Lapillen liegen bleiben." Würde ein schwach gewölbter Bergrücken mit einer Abdachung von 2—6°, wie wir einen solchen zwischen dem östlichen und nordwestlichen Hochgebirge von St. Miguel haben, in einen scharfen Bergrücken umgewandelt werden mit Neigungswinkeln von etwa 25—30°, so müßte der Kamm des aus festem, erstarrtem Gesteine bestehenden Gebirges notwendig in eine Längsspalte aufbersten. Es müßten bedeutende Risse, Spalten und Verschiebungen nach der Länge und Breite hin aufreißen. Wir können auch nicht annehmen, die hebenden Kräfte hätten bereits auf die breuigen, vulkanischen Massen eingewirkt: wie nämlich der Kalkstein, die fossilen Reste von St. Maria, die Geschiebe und gerundeten Bruchstücke, welche dort und auf einzelnen anderen Inseln anstehen, beweisen, ist das Gebirge nicht auf einmal entstanden, sondern allmählich unter öfterer Unterbrechung der vulkanischen Thätigkeit.

In der Lagoa di Fogo auf St. Miguel haben wir ein historisches Beispiel dafür, daß wir uns die mächtigen Kessel infolge wiederholter Katastrophe entstanden zu denken haben. Die 1563 erfolgte Katastrophe dürfen wir wohl auch für die Deutung der anderen Kraterkessel als maßgebend erachten.

Werfen wir nun noch einen Blick auf die wichtigeren der Caldeiras!

Die Caldeira von Palma ist ausgezeichnet durch einen ungeheuren Umfang und eine mächtige Tiefe. L. v. Buch[2]) sagt: „So groß ist kein Krater irgend eines bekannten Vulkans. Aber schwerlich gibt es auch noch Erhebungskrater auf andern Inseln, welche bei diesem Umfange eine solche Tiefe erlangen." An Größe folgen der Caldeira v. Palma die auf Gran Canaria und Teneriffa.

---

[1]) Von der Dick- oder Dünnflüssigkeit der Lava hängt es ab' ob sie rasch oder langsam und bei welchem Gefälle sie erkaltet.

[2]) L. v. Buch: Physikal. Beschreibung der canar. Inseln. p. 292.

Einen der schönsten Kratere nennt L. v. Buch [1]) die Caldeira von Bandama. Dem Ansehen und der Tiefe nach gleicht sie dem Albanersee. Sie ist völlig kreisrund; der Boden wird eingenommen von einem Landgut, Weinpflanzungen und Fruchtbäumen. Der Boden liegt etwa 310 m unter dem höchsten, 190 m unter dem niedrigsten Punkte der Umrandung. Einen Lavastrom vermißt L. v. Buch; da aber einem so mächtigen Krater ein solcher kaum fehlen kann, hält er dafür, daß die Lavaströme von Xinamar dem Krater von Bandama angehören möchten.

Nicht so tief, aber noch umfangreicher als die Caldeira v. Palma ist die Caldeira von Tiraxana. Die Caldeira befindet sich am südlichen Gehänge des Domgebirges von Gran Canaria. Die Annahme, daß wir in der Caldeira von Tiraxana einen Erhebungskrater zu erblicken hätten, wird schon durch die Thatsache niedergelegt, daß ein Erhebungskrater nur auf dem Scheitel der gehobenen Bergmasse eingesenkt sein könnte. Nach den Angaben von Hartung [2]) besitzt das Tiraxanathal nichts weniger als kreisrunde Seitenwände, „gleicht keineswegs jenen Explosionskratern, wie sie unter anderm in der Eifel und in der verschiedensten Form und Größe auf den Azoren vorkommen.“ Die Möglichkeit, daß ein Explosionskrater vorhanden gewesen sein könnte, bestreitet zwar Hartung nicht direkt, aber ihre räumliche Ausdehnung und die Oberflächengestaltung der Seitenwände wie des Thalgrundes kann die Caldeira nur der Erosion verdanken. Wenigstens ist die Annahme eines Explosionskraters nicht notwendig.

Weiterhin finden wir die Caldeiras auf den Azoren, jenen 9 Inseln zwischen 36 $^3/_4$ u. 39 $^3/_4$ ⁰ nördl. Br. und zw. 25 u. 31 $^1/_4$ ⁰ westl. L. Hier senkt sich auf Sao Miguel auf dem Gipfel eines Berges, der sich wie ein abgestumpfter Gebirgsdom darstellt, ein Kratersee ein, nämlich die Caldeira das Sete Cidades. Auf dem Grunde des Kraterthales breitet sich an der tiefsten Stelle ein See aus und erheben sich 3 mit Kratern versehene parasitische Kegel. Die Trümmermassen sind oft 30 m hoch angehäuft. Wahrscheinlich ent-

---

[1]) Ebenda p. 261 ff.

[2]) Hartung : Die geolog. Verhältnisse v. Gran Canaria. p. 30.

stand die Caldeira das Sete Cidades infolge wiederholter Kraftäußerungen der vulkanischen Thätigkeit.

Das zweite Kraterthal auf St. Miguel ist die Lagoa de Pao, das 3. die Alagoa das Furnas.

Auch auf dem aus Trachytlaven zusammengesetzten Gebirge Terceiras entstanden infolge von Ausbrüchen zwei Krater. Es sind das der Caldeirao und die Caldeira de santa Barbara.

Auch auf Graciosa wurde durch Explosion ein Krater ausgeblasen. Der ursprünglich tiefere Grund wurde teilweise durch trachydoleritische Lava ausgefüllt. Im Grunde der Caldeira de Graciosa fanden Ausbrüche statt, welche die Bildung von Schlackenkegeln im Gefolge hatten.

Das Kraterthal der Caldeira do Corvo bildet eine regelmäßige, länglichrunde, schüsselförmige Vertiefung. Der Boden wird eingenommen von einem See, über dessen Wasserspiegel Schlackenhügel und Laven inselartig emporragen. Der Wasserspiegel des Sees liegt etwa 380 m hoch, der auffallend hohe Rand erhebt sich bis zu 430 und 760 m über dem Meeresspiegel. Die inneren Wände fallen allerseits unter Winkeln von 28—35° gegen den Boden des Kessels ab.

Die Lagoa do Fogo wurde im Jahre 1563 durch einen Ausbruch ausgehöhlt. Dieses Kraterthal sowie die Caldeira von Furnas werden durch eine Schlucht entwässert. Die fünf anderen Caldeiras sind vollkommen eingeschlossen von Lavabänken, Agglomeraten, was entschieden für Aussprengung derselben spricht. Den Berichten zufolge muß der Ausbruch der Lagoa do Fogo bedeutende Verwüstungen und Aenderungen der Oberflächengestaltungen hervorgerufen haben.

Nach den Angaben des L. v. Buch befände sich auch auf Milo, einer der griechischen Inseln, eine Caldeira, ein Erhebungskrater nach L. v. Buch.

Reiß sagt, daß sich ähnliche Kesselthäler, wenn auch nicht so schön ausgebildet wie die Caldeira auf Palma in in allen älteren Bergmassen der atlantischen Inseln fänden. Er nennt das Thal des Currals auf Madeira, die jenem

naheliegenden Thäler von Sao Vincente und Boa Ventura, auf Teneriffa das Val del Paso Alto, von Busadero.[1])

Auch die Kesselthäler, jene maarähnlichen Bildungen, die sich besonders schön, häufig und ausgezeichnet in der Eifel finden, stehen im Zusammenhang mit der vulkanischen Thätigkeit. Fraglich läßt deren vulkanische Entstehung nur der Umstand erscheinen, daß in ihrer Umgebung gar keine vulkanischen Produkte, keine Tuffschichten wahrzunehmen sind. Durch die vulkanischen Ausbrüche in ihrer Nähe wurden sie teilweise verschüttet und wurde das Wasser in ihnen aufgestaut, daher auf dem Grunde derselben die großen sumpfigen Wiesen, stellenweise auch Weiher. Die benachbarten vulkanischen Ausbrüche haben auf die Formen der Umwallung der Kesselthäler eingewirkt.

Nach Vogelsang können die Kesselthäler nur infolge von Einsenkung entstanden sein; das beweist ihm der vollständige Mangel vulkanischer Auswurfsmassen. Denudation läßt er nicht gelten, da sich in der Nähe gut erhaltene Tuffkränze vorfinden. Sind also die Kesselthäler infolge von Einsenkung entstanden, so folgert Vogelsang, dann muß auch „ein Maar, das im Tuff eingesenkt erscheint, ohne daß dessen Schichten einen nach außen abfallenden Wall bilden, wie dies beim Weinfelder Maar nachgewiesen wurde und wohl auch für das Immerather und Pulver-Maar gilt, das offenbar von jenen Kesselthälern nicht wesentlich verschieden ist“, ebenso durch Einsenkung entstanden sein. Nun sind aber die Maare als Explosionskrater aufzufassen. Mangel an vulkanischen Auswurfsmassen haben wir auch bei Maaren gefunden, trotzdem mußten wir sie als Explosionskratere erklären. Warum sollten wir nicht umgekehrt wie Vogelsang schließen dürfen, wenn solche den Kesselthälern ganz ähnliche Maare durch Explosion entstanden sind, dann haben die Kesselthäler wohl die gleiche Entstehungsursache? Wir sahen ja, daß die Menge der Auswurfsmassen ganz verschieden sein kann, die Bildung der Kesselthäler fand früher statt als die benachbarten vulkanischen Ausbrüche, was die bessere Erhaltung der benachbarten Tuffkränze erklärlicher erscheinen läßt. Follmann, v. Dechen, Nöggerath kommen zu dem Schlusse, daß

---

[1]) Auch an die hawaischen Inseln sei hier noch erinnert.

die Kesselthäler wohl die gleiche Entstehungsursache haben dürften, wie die Maare.

Follmann [1]) sagt: Neben den Maaren treten in der vulkanischen Vorder-Eifel Kesselthäler auf, deren vulkanischer Ursprung nicht ohne Zweifel ist. Sind sie von Tuffen umgeben, so ist ihnen wohl meistens dieselbe Entstehung zuzuschreiben wie den Maaren. Andererseits spricht das Fehlen von Tuff nicht gegen die Art der Bildung, da die lockeren Tuffe leicht durch Abschwemmen fortgeführt werden können."

v. Dechen [2]) schreibt: „Wenn bei einigen wirklichen Maaren nur sehr geringe Massen vulkanischer Auswürfe vorhanden sind, so wird es wahrscheinlich, daß manche dieser Kesselthäler eine ganz ähnliche Entstehung besitzen und als ausgeblasen zu betrachten sind, bei denen gar keine vulkanischen Produkte ausgeworfen wurden und bei denen die geringe Menge dieser Auswürfe später zerstört und fortgeschafft worden ist."

Als weiterer Beleg mögen auch noch die Worte Nöggeraths [3]) angeführt sein: „Aus eigener Anschauung ist es auch uns klar geworden, daß die eigentümlichen Kesselthäler der Eifel mit den Maaren dieser Gegend nur ein und dieselbe Entstehungsursache haben können."

Besonders häufig treten die Kesselthäler auf in der Gegend von Gees bis Dockweiler. Bei deren Aufzählung folgen wir den Angaben v. Dechens [4]); er nennt folgende: 1. Das Kesselthal, aus dem der Abfluß nach Pelm führt, 2. das Kesselthal, welches sich oberhalb Berlingen mit einem Male erweitert und einen flachen Boden, wenig Gefälle besitzt, während unterhalb das schluchtenartige Thal mit starkem Gefälle gegen die Kyll abfällt; 3. das Kesselthal NW von Kirchweiler, von dem Vorhergehenden nur durch eine kurze Verengung des Thales getrennt; 4. das Kesselthal SO von Kirchweiler von dem Vorhergehenden von dem von O. herkommenden Rücken getrennt; 5. das große Kesselthal zwischen Kirchweiler und Hinterweiler; 6. das Kesselthal NO

---

[1]) Follmann: Die Eifel. p. 225 (31).

[2]) v. Dechen: Geognost. Führer z. Vulkanreihe d. Vorder-Eifel. p. 233.

[3]) Nöggerath: Das Gebirge im Rheinland u. Westfalen. Bd. II. p. 215 Anmerkg.

[4]) v. Dechen: Geognost. F. z. V. d. V.-E. p. 124 f.

von Hinterweiler; 7. das Kesselthal oberhalb Dockweiler, welches seinen Abfluß nach der Ahr hin nimmt; 8. das Kesselthal N vom Erensberg; 9. das Kesselthal oberhalb Waldkönigen; 10. das Kesselthal NO vom Scharteberg; 11. das Kesselthal unterhalb Hohenfels; 12. das Kesselthal oberhalb Essingen.

Follmann erwähnt ein Kesselthal an der Ostseite des Goßberges; es wird nach der Ahr entwässert, die östliche Umwallung bildet der Tuff des Ohrenberges. Weiterhin nennt er das Kesselthal von Wehr, das mit den Maaren noch größere Uebereinstimmung zeigt als der Laacher See. Die Thalfläche, welche etwa die Hälfte von der des Laacher Sees beträgt, wird von sumpfigen Wiesen eingenommen, die durch zahlreiche Mineralquellen ausgezeichnet sind.

Bei Behandlung der maarähnlichen Bildungen glauben wir auch den Rieskessel einbeziehen zu müssen, von dem Gümbel [1]) sagt: „welches wir als eine Art großartiges Maar aufzufassen haben" und dessen Entstehung er sich in folgender Weise vorstellt: Die Juradecke, welche sich auch über den heutigen Rieskessel ausbreitete, wurde infolge eines vulkanischen Ausbruches gesprengt; die in Masse ausgeworfenen Bomben und Tuffe wurden im Laufe der Zeit abgewaschen. Das Anstehen mächtiger Stücke des Grundgebirges im Niveau des Weiß-Jura erklärt sich aus dessen Hebung bei dem vulkanischen Ausbruche. Die bestehenden Lagerungsverhältnisse können nur durch Hebung, nicht durch Senkung entstanden sein. Infolge eines Zusammenbruchs des Centrums entstand sodann der Rieskessel, der sich durch Nachbrechen der unterhöhlten Randgesteine vergrößerte. So entstand nach Gümbel jene „maarartige Vertiefung."

Was jedoch der Rieskessel mit den Maaren gemein hat, „klebt nur an den Konturen und der Reliefform im großen und ganzen" [2]), ist rein äußerlicher Natur. Dem inneren Wesen nach hat der Rieskessel mit deu Maaren nichts gemein. Wir haben gesehen, daß es bei letzteren hauptsächlich auf die Lagerungsverhältnisse ankommt, daß der Tuff in Röhren rundlichen oder ovalen Querschnittes eingelagert ist. Im

---

[1]) Th. Fischer: Geognost. Beschreibg. d. fränk. Alb. Kassel 1891. p. 22.

[2]) Gruber Chr.: Das Ries. p. 22 ff. (Forschg. z. deutschen Landes- u. Volkskunde, herausgeg. v. Kirchhoff).

Ries ist der Tuff aber aufgelagert, wo er eingelagert ist, ist er von oben in die Spalten hinabgespült, nicht von unten hineingelangt. Unvereinbar wären mit der Maarbildung, wie wir wissen, auch jene gewaltigen Lagerungsstörungen, die der Rieskessel aufweist. Hier sind die Gesteinsschichten nach allen Himmelsrichtungen geneigt. Die Lagerungsstörungen erstrecken sich bis in eine Entfernung von 20 km. Wenn im Rieskessel ein Vulkan vorläge, der später eingebrochen wäre, wie es Gümbels Ansicht ist, so hätten wir im Rieskessel einen Einbruchs-, aber keinen Explosionskrater.

Gruber führt die Entstehung des Rieskessels auf tektonische Ursachen zurück, denen durch eine etwaige Querthalung des Jura vorgearbeitet worden sein könnte, was noch zu untersuchen wäre. „Bis dahin," sagt er (p. 24), „hat man im Ries ein beträchtliches Senkungsfeld vor sich, bei dessen Bildung sich wahrscheinlich die dißlocierenden Kräfte in ähnlicher, wenn auch ungleich schwächerer Weise combinierten, wie bei der Auffaltung eines Stückes der Erdoberfläche und die gleichzeitig vulkanische Reaktionen auslösten"

Mittlerweile sind von Branco [1]) und Fraas eingehende Untersuchungen angestellt worden, die gezeigt haben, daß „diese pfropfenartige Scholle von 5 Quadratmeilen Grundfläche" durch einen Laccolith hochgehoben wurde, der allerdings noch in der Tiefe liegt, nicht bloßgelegt ist. Wie bei Extrusion so kann auch bei Intrusion der untere Teil des Magmas wieder in die Tiefe hinabstürzen, so daß unter dem erstarrten Laccolith ein Hohlraum entsteht. Wie schon erwähnt, werden Branco und Fraas nun die Ansicht vertreten, daß dem Laccolith eine Explosion gefolgt sei, welche die Ueberschiebungen einleitete und einen Einbruch des Rieskessels zur Folge hatte.

Auch durch Einsturz von Hohlräumen in Lavaströmen können maarähnliche Bildungen entstehen, die aber mit Explosionskrateren nichts gemein haben. Diese Erscheinungen finden sich nach Lapparent hauptsächlich beim Kilauea und Mauna-Loa.

---

[1]) Branco — Fraas: Das vulkan. Ries bei Nördlingen mit 2 Tafeln.

Branco — Fraas: Beweis f. d. Richtigkeit unserer Erlkärung des vulk. Ries bei Nördlingen.

(Sitzungsberichte d. k. preuß. Akademie d. Wiss. zu Berlin. 1901.)

Ebenso stoßen wir auf Trichter im Karst und auf der Alb, die infolge von Einsturz entstanden sind. Sie besitzen aber keineswegs große Tiefe, setzen sich auch nach unten nicht in röhrenförmigen Kanälen weiter fort.

Zum Schlusse sei noch eine andere maarähnliche Erscheinung erwähnt, mit der uns Junghuhn bekannt gemacht hat, nämlich die „Ranus" auf Java Es sind das scharf begrenzte Löcher von meist rundlichem Umfange und einem Durchmesser von 90—300 m. Sie besitzen mauerartige, steile Wände und setzen sich bis in eine Tiefe von 25 m hinab. Ihr Grund ist mit Wasser bedeckt. Den Vulkan Gunung-Lamongan umgibt eine Reihe solcher kleiner Seen. Nach Branco sind diese Ranus keine Maare, sind auch nicht durch Senkung entstanden, sondern stellen parasitische Krater von Vulkanen vor, wie sie allenthalben an großen Feuerbergen vorkommen.

So haben wir also im dritten Teile unserer Abhandlung Gebilde kennen gelernt, die zwar der Form, nicht aber immer auch ihrem Wesen nach mit den Maaren übereinstimmen. Letzteres ist nur bei den Kesselthälern der Fall. Sie mußten wir, wie die Maare, für Explosionskratere erklären. Die Kraterseen dagegen sind ihrem inneren Wesen nach von den Maarseen völlig verschieden, denn sie kommen nur in den Kratern echter Vulkane vor. Die Caldeiras sind die Ruinen echter Vulkankratere, die ihr heutiges Aussehen der Erosion des Wassers und den Atmosphärilien verdanken. Die Entstehung des Rieskessels wurde eben behandelt. Durch Einsturz von Hohlräumen wurden sodann auch in Lavaströmen, im Karst und auf der Alb viele maarähnliche Kessel geschaffen. Die von Junghuhn erwähnten Ranus erklärt Branco als parasitische Vulkankratere.

Litteratur:

1. Branco: Schwabens 125 Vulkan-Embryonen u. deren tufferfüllte Ausbruchsröhren; das größte Maargebiet der Erde. I. u. II. Teil. (Württembg. naturwiss. Jahreshefte 50. 1894—1895).

2. Branco: Ueber die Entstehung der Durchbruchskanäle im Gebiete von Urach. (Württembg. naturwiss. Jahreshefte 53. 1897).

3. Branco-Fraas: Das vulk. Ries bei Nördlingen mit 2 Tafeln.

4. Branco-Fraas: Beweis für die Richtigkeit unserer Erklärung des vulk. Ries bei Nördlingen. (Sitzungsberichte d. kgl. preuß. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1901).

5. Buch L. v.: Physikal. Beschreibg. der canarischen Inseln. Berlin 1825.

6. Dannenberg A.: Die vulk. Erscheinungen im Lichte der Stübel'schen Theorie. (Naturwiss. Rundschau. Jahrg. XVI. 1901. Nr. 1, 2, 3).

7. Dechen H. v.: Geognost. Führer zur Vulkanreihe der Vorder-Eifel. Bonn 1861.

8. Fischer: Geognost. Beschreibg. der fränk. Alb. Kassel 1891.

9. Follmann: Die Eifel. Stuttgart 1894.

10. Gerland: Der Ausbruch des Mt. Pelée auf Martinique. (Deutsche Rundsch. Heft XII. 1902).

11. Gruber: Das Ries. (Forschungen zur deutschen Landes- u. Volkskunde, herausgeg. v. Kirchhoff. Stuttgart 1899).

12. Günther S.: Geophysik. Bd. I. Stuttgart 1897.

13. Halbfaß W.: Tiefen- u. Temperaturverhältnisse der Eifelmaare. (Petermanns geogr. Mittlg. 43. 1897).

14. Hartung G.: Die Azoren in ihrer äußeren Erscheinung u. nach ihrer geognost. Natur geschildert (mit Atlas). Leipzig 1860.

15. Hartung: Betrachtungen über Erhebungskrater. Leipzig 1862.

16. Hartung: Die geolog. Verhältnisse auf Gran-Canaria. Leipzig 1862.

17. Humboldt A. v. Kosmos Bd. IV. Stuttgart u. Augsburg 1858.

18. Junghuhn Fr.: Java, seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart; ins Deutsche übertragen v. J. K. Haßkarl. Leipzig 1854.

19. Kayser: Lehrbuch der Geologie. I. Teil. Stuttgart 1893.

20. Meyer W.: Das Weltgebäude. Leipzig u. Wien 1898.

21. Mitscherlich: Ueber die vulk. Erscheinungen in der Eifel. (Physikal. Abhandl. der Akad. in Berlin; 1865).

22. Naturwiss. Rundschau Jahrg. XII. 1897 u. XIII. 1898.

23. Neison E.: Der Mond u. die Beschaffenheit u. Gestaltung seiner Oberfläche; deutsch v. H. J. Klein. Braunschweig 1878.

24. Nasmyth J. u. Carpenter J.: Der Mond betrachtet als Planet, Welt u. Trabant, herausgeg. v. H. J. Klein. Leipzig 1876.

25. Neues Jahrb. für Mineralogie, Geologie u. Paläontologie 1869, 1893 I., 1898 I.

26. Naumann E.: Neue Beiträge zur Geologie u. Geographie Japans. (Petermanns geogr. Mittlg. Ergänzungsheft 108; 1893).

27. Neumayr M.: Erdgeschichte Bd. I. Leipzig u. Wien 1895.

28. Nissen H.: Italische Landeskunde. Berlin 1883.

29. Nöggerath J.: Das Gebirge in Rheinland u. Westfalen. Bonn 1822—26.

30. Reiß W.: Die Diabas- u. Lavenformation der Insel Palma. Wiesbaden 1861.

31. Steininger J.: Die erloschenen Vulkane i. d. Eifel u. am Niederrhein. Mainz 1820.

32. Steininger J.: Bemerkungen über die Eifel u. Auvergne Mainz 1824.

33. Stübel A.: Die Vulkanberge von Ecuador. Berlin 1897.

34. Sueß E.: Einige Bemerkungen über den Mond. (Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss. math.-naturwiss. Classe. 104. Bd. Wien 1895).

35. Vogelsang H.: Die Vukane der Eifel in ihrer Bildungsweise erläutert. (Naturkundige Verhandelingen van de hollandsche Maatschapji der Wettenschappen te Harlem. II. Verz. 21, 22, Deel. 1864—65).

36. „Weltall und Menschheit". Liefg. VI. Berlin 1903.

37. Zeitschrift der Gesellschaft f. Erdkunde. Berlin 1902. Heft V.



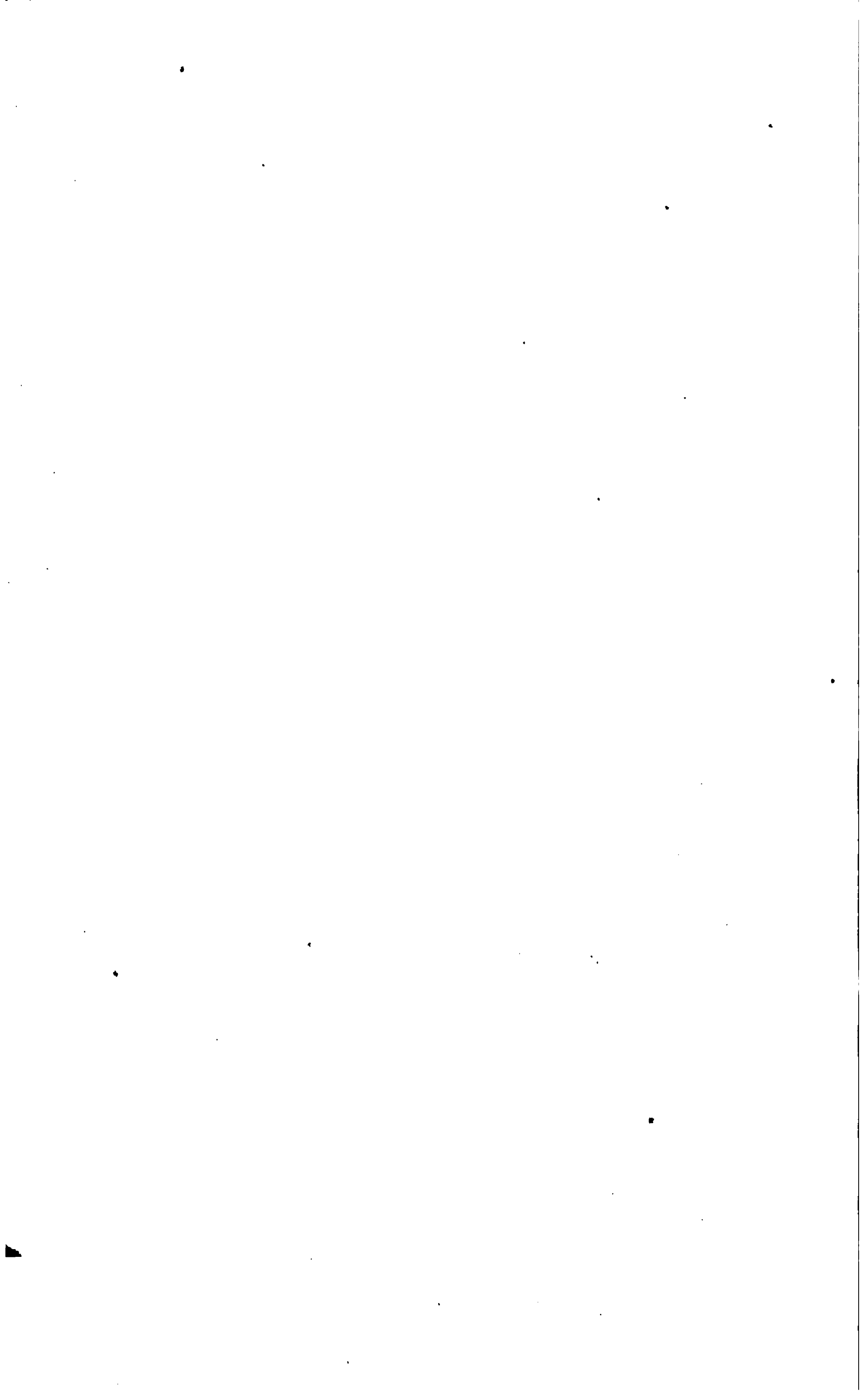
Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Karl Schmelzle, — kath. Confession — zu Buch, Bezirksamt Illertissen (Bayern) am 31. Januar 1877 als Sohn des verstorbenen Oekonomen Anton Schmelzle und seiner Ehefrau Justina, geb. Streit.

Im Herbste 1897 wurde ich vom Gymnasium zu Dillingen a. D. mit dem Zeugnis der Reife entlassen, studierte dann an der Universität München von Herbst 1897—1900 Germanistik, Geschichte und Geographie und machte Herbst 1900 das erste und Herbst 1901 das zweite (besondere) Staatsexamen vor der kgl. Prüfungskommission in München. An Ostern 1901 trat ich in reichsländische Schuldienste ein, wurde zunächst der Oberrealschule zu Straßburg i. Els. und im Herbst 1901 dem Progymnasium zu Thann i. Ob.-Elsaß zugeteilt, wo ich bis heute thätig bin.

An dieser Stelle sei mir noch gestattet, meinem hochverehrten Lehrer Prof. Dr. S. Günther herzlichen Dank zu sagen für die Förderung, die er mir angedeihen ließ.










QE522
S3
157320

